

Rikky Firmansyah
Agus Mawardi H.
M. Umar Riandi

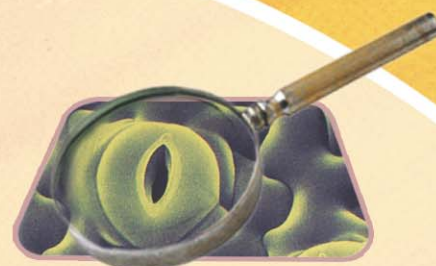
Mudah dan Aktif Belajar Biologi

untuk Kelas XI
Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah
Program Ilmu Pengetahuan Alam

2



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional



Rikky Firmansyah
Agus Mawardi H.
M. Umar Riandi

Mudah dan Aktif Belajar Biologi

untuk Kelas XI
Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah
Program Ilmu Pengetahuan Alam

2



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

**Hak Cipta Pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang**

Mudah dan Aktif Belajar Biologi
untuk Kelas XI Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah
Program Ilmu Pengetahuan Alam

Penulis	:	Rikky Firmansyah Agus Mawardi H. M. Umar Riandi
Penyunting	:	Dadan Nugraha Andri Nurdiansyah
Pewajah Isi	:	Yoan Yohannes
Pewajah Sampul	:	A. Purnama
Pereka Ilustrasi	:	S. Riyadi

574.07

RIK
m

RIKKY Firmansyah

Mudah dan Aktif Belajar Biologi 2 : untuk Kelas XI Sekolah Menengah Atas /
Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam / penulis, Rikky Firmansyah,
Agus Mawardi Hendrawan, M. Umar Riandi ; penyunting, Dadan Nugraha,
Andri Nurdiansyah. — Jakarta : Pusat Perbukuan,
Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
viii, 210 hlm. : illus. ; 30 cm

Bibliografi : hlm. 210

ISBN 978-979-068-827-8 (No. Jil Lengkap)

ISBN 978-979-068-829-2

1. Biologi-Studi dan Pengajaran I. Judul

II. Agus Mawardi Hendrawan III. M. Umar Riandi IV. Dadan Nugraha,
V. Andri Nurdiansyah

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit Setia Purna Inves, PT

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009

Diperbanyak oleh

Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juni 2009
Kepala Pusat Perbukuan

Kata Pengantar

Sampai saat ini, buku-buku Biologi untuk SMA/MA yang berkualitas dirasakan masih kurang. Sementara itu, tuntutan terhadap pemahaman prinsip-prinsip ilmu Biologi sangat tinggi. Lebih-lebih perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang didasari oleh ilmu Biologi semakin menantang dan sangat bervariasi dalam aplikasinya. Oleh karena itu, kami berharap dengan terbitnya buku ini, belajar Biologi yang membutuhkan gabungan banyak konsep (baik konsep yang relevan dengan keterampilan maupun konsep baru) dan pengembangan keterampilan analisis bagi siswa SMA/MA dapat terpenuhi.

Biologi adalah ilmu tentang kehidupan. Aspek-aspek kehidupan hewan, tumbuhan, manusia, mikroorganisme, dan hubungan antarmakhluk hidup dipelajari dalam Biologi. Biologi sebagai salah satu cabang IPA menyediakan berbagai pengalaman belajar untuk memahami konsep dan proses sains. Selain bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari, Biologi dapat menjadi bekal untuk meraih cita-cita Anda di masa yang akan datang.

Mata pelajaran Biologi bertujuan untuk mengembangkan kemampuan berpikir analitis dan kritis dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan peristiwa alam sekitar. Berbagai permasalahan dalam ilmu Biologi ini berkaitan erat dengan cabang ilmu pengetahuan lainnya, seperti Kimia, Fisika, dan Matematika.

Melihat pentingnya pelajaran Biologi di sekolah, penerbit mencoba menghadirkan buku yang dapat menjadi media belajar yang baik bagi Anda. Sebuah buku yang akan memandu Anda untuk belajar Biologi dengan baik. Sebuah buku yang disusun dan dikembangkan untuk memberikan dasar-dasar pengetahuan, keterampilan, keahlian, dan pengalaman belajar yang bermanfaat bagi masa depan Anda.

Demikianlah persembahan dari penerbit untuk dunia pendidikan. Semoga buku ini dapat bermanfaat.

Bandung, Mei 2007

Penerbit

Panduan untuk Pembaca

Cakupan materi pembelajaran pada buku ini disajikan secara sistematis, komunikatif, dan integratif. Di setiap awal bab dilengkapi gambar pembuka pelajaran, bertujuan memberikan gambaran materi pembelajaran yang akan dibahas, dan mengajarkan Anda konsep berpikir kontekstual dan logis sekaligus merangsang cara berpikir lebih dalam. Selain itu, buku ini juga ditata dengan format yang menarik dan didukung dengan foto dan ilustrasi yang representatif. Bahasa digunakan sesuai dengan tingkat kematangan emosional Anda sehingga Anda lebih mudah memahami konsep materinya.

Buku **Mudah dan Aktif Belajar Biologi** untuk SMA Kelas XI ini terdiri atas sepuluh bab, yaitu Organisasi Tingkat Sel; Organisasi Tingkat Jaringan; Sistem Gerak pada Manusia; Sistem Peredaran Darah pada Manusia; Sistem Pencernaan Makanan; Sistem Pernapasan; Sistem Ekskresi; Sistem Regulasi; Sistem Reproduksi; dan Pertahanan Tubuh. Untuk lebih jelasnya, perhatikan petunjuk untuk pembaca berikut.

- (1) **Judul Bab**, disesuaikan dengan tema materi dalam bab.
- (2) **Hasil yang harus Anda capai**, tujuan umum yang harus Anda capai pada bab yang Anda pelajari.
- (3) **Setelah mempelajari bab ini, kamu harus mampu**, kemampuan yang harus Anda kuasai setelah mempelajari bab.
- (4) **Gambar Pembuka Bab**, disajikan untuk memberi gambaran tentang materi yang akan dipelajari.
- (5) **Advanced Organizer**, disajikan untuk menumbuhkan rasa ingin tahu dari materi yang akan dipelajari dan mengarahkan Anda untuk lebih fokus terhadap isi bab.
- (6) **Tes Kompetensi Awal**, merupakan syarat yang harus Anda pahami sebelum memasuki materi pembelajaran.
- (7) **Materi Pembelajaran**, disajikan secara sistematis, komunikatif, integratif, dan sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi sehingga Anda dapat tertantang untuk belajar lebih jauh.
- (8) **Gambar dan Ilustrasi**, sesuai dengan materi dalam bab yang disajikan secara menarik dan mudah dipahami.
- (9) **Aktivitas Biologi**, tugas yang diberikan kepada Anda berupa analisis masalah atau kegiatan di laboratorium sehingga dapat menumbuhkan semangat inovasi, kreativitas, dan berpikir kritis.
- (10) **Logika Biologi**, melatih kemampuan dasar Anda, seperti berkomunikasi, interpretasi data, melakukan hipotesis, dan berpikir kritis.
- (11) **Kata Kunci**, panduan Anda dalam mempelajari konsep materi.
- (12) **Sekilas Biologi**, berisi tokoh biologi informasi menarik dan aplikatif berdasarkan materi bab yang dipelajari sehingga dapat menumbuhkan semangat bekerja keras dan belajar lebih jauh.
- (13) **Fakta Biologi**, berisi fakta-fakta yang menarik seputar materi yang dipelajari.
- (14) **Tugas Anda**, berisi kegiatan kelompok atau individu yang bertujuan agar Anda dapat lebih memahami materi yang dipelajari.
- (15) **Tes Kompetensi Subbab**, menguji pemahaman Anda terhadap materi dalam setiap subbab.
- (16) **Rangkuman**, merupakan ringkasan materi pembelajaran bab.
- (17) **Peta Konsep**, menggambarkan hubungan antarkonsep sehingga memudahkan Anda mempelajari materi dalam bab.
- (18) **Refleksi**, sebagai cermin diri bagi Anda setelah mempelajari materi di akhir pembelajaran setiap bab.
- (19) **Evaluasi Kompetensi Bab**, merupakan penekanan terhadap pemahaman konsep materi, berkaitan dengan materi dalam bab.
- (20) **Proyek Semester**, disajikan agar Anda dapat menggali dan memanfaatkan informasi, menyelesaikan masalah, dan membuat keputusan dalam kerja ilmiah.
- (21) **Evaluasi Kompetensi Biologi Semester**, disajikan untuk evaluasi Anda setelah mempelajari semester yang bersangkutan.
- (22) **Evaluasi Kompetensi Biologi Akhir Tahun**, disajikan untuk evaluasi Anda setelah mempelajari seluruh bab.

Daftar Isi

Kata Sambutan • iii
Kata Pengantar • iv
Panduan Untuk Pembaca • v

Bab 1 Organisasi Tingkat Sel • 1

A. Struktur dan Fungsi Sel • 2
B. Transpor Zat-Zat Melalui Membran Sel • 10
Rangkuman • 14
Peta Konsep • 14
Refleksi • 15
Evaluasi Kompetensi Bab 1 • 15

Bab 2 Organisasi Tingkat Jaringan • 17

A. Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan • 18
B. Struktur dan Fungsi Jaringan Hewan • 29
Rangkuman • 37
Peta Konsep • 38
Refleksi • 38
Evaluasi Kompetensi Bab 2 • 39

Bab 3 Sistem Gerak pada Manusia • 41

A. Tulang dan Rangka • 42
B. Otot • 49
Rangkuman • 54
Peta Konsep • 55
Refleksi • 56
Evaluasi Kompetensi Bab 3 • 56

Bab 4 Sistem Peredaran Darah pada Manusia • 59

A. Darah • 60
B. Organ-Organ Peredaran Darah • 66
Rangkuman • 72
Peta Konsep • 73
Refleksi • 73
Evaluasi Kompetensi Bab 4 • 74
Proyek Semester 1 • 77
Evaluasi Kompetensi Biologi Semester 1 • 78

Bab 5

Sistem Pencernaan Makanan • 81

- A. Zat-Zat Makanan • 82
 - B. Sistem Pencernaan pada Manusia • 87
 - C. Sistem Pencernaan pada Hewan • 95
- Rangkuman • 96
Peta Konsep • 97
Refleksi • 98
Evaluasi Kompetensi Bab 5 • 98

Bab 6

Sistem Pernapasan • 101

- A. Sistem Pernapasan pada Manusia • 102
 - B. Sistem Pernapasan pada Hewan • 109
- Rangkuman • 112
Peta Konsep • 112
Refleksi • 112
Evaluasi Kompetensi Bab 6 • 113

Bab 7

Sistem Ekskresi • 115

- A. Sistem Ekskresi pada Manusia • 116
 - B. Sistem Ekskresi pada Hewan • 121
- Rangkuman • 124
Peta Konsep • 125
Refleksi • 125
Evaluasi Kompetensi Bab 7 • 126

Bab 8

Sistem Regulasi • 129

- A. Sistem Saraf • 130
 - B. Sistem Endokrin • 140
 - C. Sistem Indra • 146
- Rangkuman • 152
Peta Konsep • 153
Refleksi • 154
Evaluasi Kompetensi Bab 8 • 154

Bab 9

Sistem Reproduksi • 157

- A. Sistem Reproduksi pada Manusia • 158
 - B. Sistem Reproduksi pada Tumbuhan • 167
- Rangkuman • 171
Peta Konsep • 172
Refleksi • 172
Evaluasi Kompetensi Bab 9 • 173

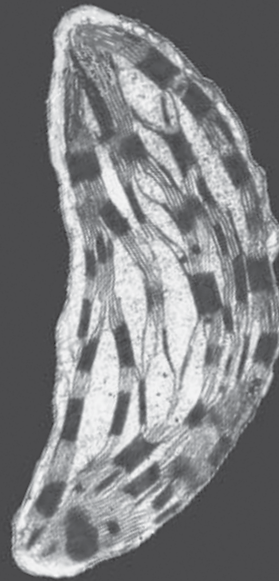
Bab 10

Pertahanan Tubuh • 175

- A. Sistem Pertahanan Tubuh • 176
 - B. Respons Kekebalan Tubuh • 182
 - C. Kekebalan Tubuh dan Kesehatan • 185
- Rangkuman • 187
Peta Konsep • 187
Refleksi • 188
Evaluasi Kompetensi Bab 10 • 188
Proyek Semester 2 • 190
Evaluasi Kompetensi Biologi Semester 2 • 191
Evaluasi Kompetensi Biologi Akhir Tahun • 193

Apendiks 1 • 197
Apendiks 2 • 203
Senarai • 204
Indeks • 207
Daftar Pustaka • 210

Bab 1



Sumber: www.humboldt.edu

Kloroplas merupakan salah satu organel sel yang berperan dalam fotosintesis.

Organisasi Tingkat Sel

Hasil yang harus Anda capai:

memahami struktur dan fungsi sel sebagai unit terkecil kehidupan.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

- mendeskripsikan komponen kimiawi sel, struktur dan fungsi sel sebagai unit terkecil kehidupan;
- mengidentifikasi organel sel tumbuhan dan hewan;
- membandingkan mekanisme transpor pada membran (difusi, osmosis, transpor aktif, endositosis, eksositosis).

Di kelas X, Anda telah mempelajari mengenai ruang lingkup Biologi. Di dalamnya, Anda mempelajari materi mengenai organisasi tingkat kehidupan. Salah satunya adalah organisasi kehidupan tingkat sel. Selain itu, Anda telah mempelajari pula klasifikasi makhluk hidup. Makhluk hidup di bumi ini sangat beraneka ragam. Makhluk hidup tersebut ada yang terdiri atas banyak sel (multiseluler) dan ada pula yang tersusun atas satu sel saja (uniseluler). Makhluk hidup yang beraneka ragam tersebut merupakan ciptaan Tuhan yang sangat kompleks.

Pada bab ini, Anda akan mempelajari materi mengenai sel. Apakah sel itu? Apakah semua makhluk hidup tersusun atas sel? Apakah perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan? Semua pertanyaan tersebut dapat Anda jawab setelah mempelajari bab ini. Selamat belajar.

A. Struktur dan Fungsi Sel

B. Transpor Zat-Zat Melalui Membran Sel

Tes Kompetensi Awal

1. Apakah yang Anda ketahui tentang sel?
2. Menurut Anda, apakah fungsi sel?
3. Apakah tubuh Anda tersusun atas sel-sel?

A. Struktur dan Fungsi Sel



Sumber: *Human Body*, 2003

Gambar 1.1

Mikroskop yang digunakan oleh Robert Hooke untuk mengamati sayatan gabus.



Sekilas Biologi

M. Jakob Schleiden
(1804–1881)



Dengan menggunakan mikroskop, Schleiden menemukan bahwa tumbuhan tersusun atas unit-unit kecil yang disebut sel. Bersama dengan Theodor Schwann, ia mengemukakan ide tentang teori sel.

Sumber: *Concise Encyclopedia Nature*, 1994

Ketika melihat dinding dari sebuah rumah, Anda pasti melihat bahwa dinding tersebut tersusun atas ratusan batu bata merah. Begitu pula dengan tubuh kita, tersusun atas unit-unit yang sangat kecil. “Batu bata merah” tubuh kita dinamakan dengan sel. Sel tidak dapat dilihat dengan mata telanjang karena sangat kecil. Di dalam setiap sel, terdapat sejumlah aktivitas yang sangat kompleks. Semua makhluk hidup, mulai dari bakteri sampai dengan gajah, tersusun atas sel-sel. Sel-sel dari setiap makhluk hidup memiliki struktur dan fungsi yang sama.

Semenjak penemuan sel, para ilmuwan telah banyak melakukan penelitian mengenai bagaimana cara kerja sel. Pada perkembangannya, selalu muncul teknik baru dalam mempelajari sel.

1. Perkembangan Teori Sel

Sel berasal dari kata *cellula* yang berarti ruang kecil. Pada 1665, seorang ilmuwan Inggris, **Robert Hooke**, meneliti sayatan gabus di bawah mikroskop. Robert Hooke melihat bahwa sayatan gabus tersebut tersusun atas ruangan-ruangan kecil. Hooke memberi nama ruangan-ruangan kecil tersebut dengan nama **sel**.

Pada 1835, ahli biologi berkebangsaan Prancis, **Felix Dujardin**, menemukan bahwa banyak mikroorganisme yang tersusun atas satu sel saja. Dujardin juga mengamati bahwa bahan atau substansi dari semua sel hidup adalah sama.

Tiga tahun kemudian, seorang ahli Botani Jerman, **Matthias Jakob Schleiden**, menyatakan bahwa semua tumbuhan tersusun atas sel-sel. Tidak lama kemudian, ahli Zoologi Jerman, **Theodor Schwann**, menyimpulkan bahwa semua hewan tersusun atas sel-sel pula. Schleiden dan Schwann kemudian menduga bahwa sel adalah komponen dasar dari seluruh makhluk hidup.

Dua puluh lima tahun kemudian, **Rudolf Virchow**, ahli biologi Jerman, membuat tulisan bahwa “tubuh adalah sebuah negara dan setiap sel adalah warganya”. Dari penelitiannya tentang pembelahan sel, Virchow menyimpulkan bahwa sel berasal dari sel lainnya.

Hasil observasi dari para ilmuwan selama bertahun-tahun, membentuk suatu teori yang dinamakan teori sel. Teori sel tersebut menyatakan bahwa sel merupakan unit struktural paling dasar dari makhluk hidup; sel adalah unit fungsional dari makhluk hidup; dan semua sel berasal dari sel lainnya melalui proses pembelahan.

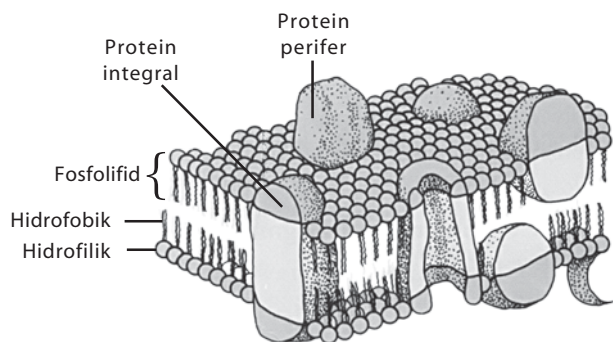
2. Struktur Sel

Semenjak Robert Hooke menemukan sel, para ilmuwan telah mengembangkan berbagai teknik yang digunakan untuk mempelajari sel. Salah satu alat yang digunakan adalah mikroskop cahaya. Dengan mikroskop cahaya tersebut, para ilmuwan dapat mempelajari struktur dari sel tersebut.

Sel merupakan unit fungsional dan struktural dasar dari suatu makhluk hidup. Sel tersusun atas bagian-bagian, yang masing-masing memiliki struktur dan fungsi yang berbeda. Apa sajakah bagian-bagian sel tersebut? Apakah fungsi dari setiap bagian sel?

a. Membran Sel

Satu sel dibatasi oleh lapisan tipis yang disebut membran sel (plasmalema). Membran sel tersusun atas molekul-molekul protein, lapisan senyawa lemak (**fosfolipid**), air, karbohidrat, dan sedikit kolesterol. Setiap lapisan senyawa lemak, tersusun atas gugus lipid dan fosfat. Gugus lipid dari fosfolipid bersifat tidak suka air (**hidrofobik**), sedangkan gugus fosfat bersifat suka air (**hidrofilik**). Gugus lipid sering disebut ekor dan gugus fosfat disebut kepala. Setiap fosfolipid akan saling berpasangan sehingga membentuk dua lapisan (**bilayer**) fosfolipid yang saling berlawanan.



Sumber: Heath Biology, 1985



Fakta Biologi

Sekitar 80 persen debu di dalam rumah adalah sel-sel kulit manusia yang mati.

Sumber: *The Super Science: of Our Bodies*, 1993

Gambar 1.2

Struktur khusus membran sel.

Molekul-molekul protein dari membran sel terbagi menjadi dua, yaitu protein **integral** (**intrinsik**) dan protein **perifer** (**ekstrinsik**). Protein integral merupakan protein yang terletak menembus lapisan lipid, sedangkan protein perifer hanya menempel di permukaan fosfolipid tersebut. Struktur membran sel ini dikemukakan menjadi **teori mosaik cair** (*fluid mosaic model*) oleh dua orang ilmuwan, yaitu **Jonathan Singer** dan **Garth Nicolson**. Dengan struktur yang demikian kompleks, membran sel memiliki beberapa fungsi di antaranya sebagai berikut.

- 1) Membentuk suatu batas yang fleksibel (tidak mudah robek) antara isi sel dan luar sel.
- 2) Membungkus dan melindungi isi sel.
- 3) Menyeleksi zat-zat apa saja yang bisa masuk ke dalam sel dan apa yang harus keluar dari sel. Dengan kata lain, membran sel dapat dilalui oleh zat-zat tertentu. Sifat membran sel ini dinamakan **selektif permeabel**.

b. Inti Sel (Nukleus)

Organel pertama yang diteliti oleh para ilmuwan adalah inti sel (nukleus). Nukleus adalah struktur berbentuk bulat dan biasanya terletak di tengah-tengah sel. Nukleus adalah bagian terpenting bagi kehidupan sel sebab nukleus mengendalikan seluruh aktivitas sel.

Nukleus dibatasi oleh dua lapisan membran yang disebut membran inti. Membran inti memiliki struktur yang mirip dengan membran sel. Membran inti memiliki pori-pori yang hanya bisa dilalui oleh substansi

Kata Kunci

- Fosfolipid
- Hidrofilik
- Hidrofobik
- Membran Sel
- Protein integral
- Protein perifer
- Selektif permeabel
- Teori mosaik cair

tertentu. Membran inti memiliki fungsi sebagai pelindung inti sel dan sebagai tempat pertukaran zat antara materi inti dan sitoplasma. Inti sel memiliki bagian-bagian di dalamnya, seperti berikut ini.

1) Cairan Inti (Nukleoplasma)

Cairan inti merupakan suatu cairan kental berbentuk jeli. Cairan inti ini mengandung senyawa kimia yang sangat kompleks. Selain itu, di dalam cairan inti terdapat enzim, ion, protein, dan nukleotida.

2) Anak Inti (Nukleolus)

Anak inti adalah suatu struktur berbentuk bulat yang tersusun atas filamen-filamen dan butiran-butiran. Secara kimiawi, anak inti mengandung DNA, RNA, dan protein. Nukleolus berperan dalam pembentukan ribosom.

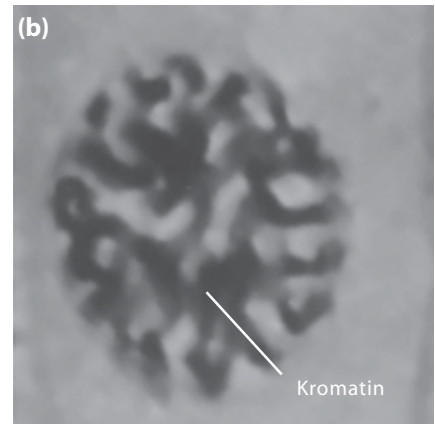
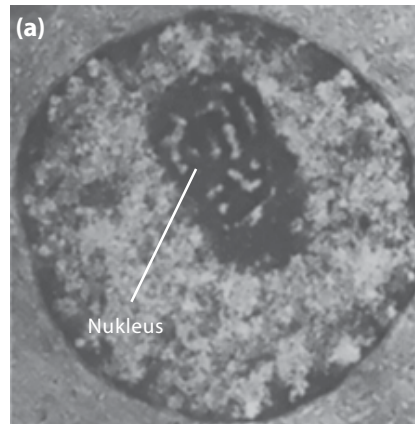
3) Kromatin

Kromatin adalah struktur berupa benang-benang halus yang mengandung DNA (*deoxyribonucleic acid*). DNA merupakan bahan atau substansi genetik dari suatu organisme. Pada saat pembelahan sel, kromatin akan memendek dan melingkar membentuk **kromosom**.

Kata Kunci

- Kromatin
- Nukleoplasma
- Nukleolus
- Nukleus

Gambar 1.3
(a) Nukleolus dan
(b) kromatin.



Sumber: Heath Biology, 1985

c. Sitoplasma

Sel memiliki suatu cairan yang berada di antara membran sel dan inti sel. Cairan tersebut dinamakan dengan **sitoplasma**. Sitoplasma merupakan cairan koloid kompleks tempat beradanya organel-organel sel dan substansi sel yang tidak hidup. Di dalam sitoplasma berlangsung beberapa proses metabolisme sel, seperti sintesis protein dan respirasi sel. Di dalam sitoplasma terdapat organel-organel, seperti mitokondria, ribosom, retikulum endoplasma, badan Golgi, lisosom, mikrobodi, dan sentriol.

1) Mitokondria

Mitokondria mengandung enzim yang dapat melepaskan energi dalam bentuk makanan pada proses respirasi sel. Oleh karena itu, mitokondria sering disebut sebagai “powerhouse” atau “pabrik energi” dari sel.

Setiap mitokondria memiliki dua lapis membran, yaitu membran dalam dan membran luar. Membran dalam pada mitokondria membentuk lipatan-lipatan yang disebut **krista**. Adapun membran luar membatasi mitokondria dengan sitoplasma. Antara membran dalam dan membran luar mitokondria terdapat ruangan yang disebut **matriks** (Gambar 1.4).

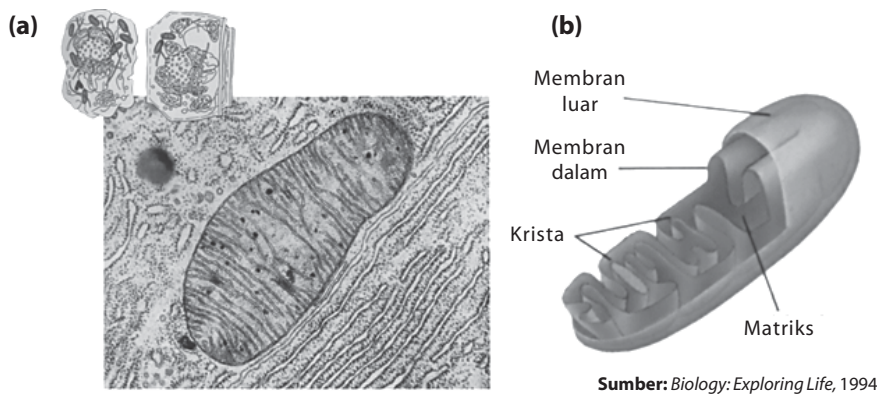


Fakta Biologi

Sel terbesar di dalam tubuh manusia adalah sel telur.

Sumber: *The Super Science: of Our Bodies*, 1993





Kata Kunci

- Krista
- Matriks
- Mitokondria
- Retikulum endoplasma
- Ribosom

Gambar 1.4

(a) Mitokondria dilihat melalui mikroskop elektron dan (b) struktur mitokondria

2) Ribosom

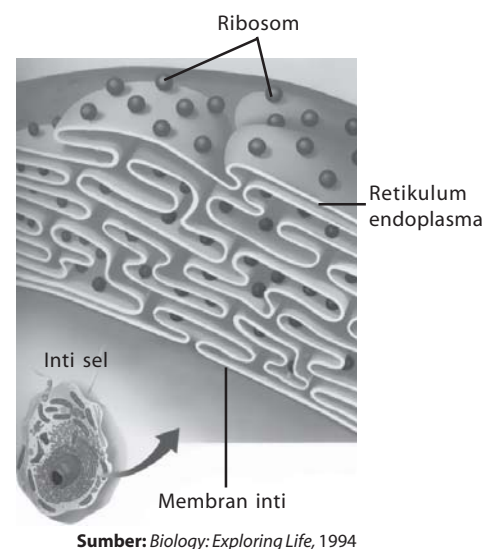
Ribosom merupakan organel berbentuk butiran-butiran yang tersusun atas RNA (*ribonucleic acid*) dan protein. Ribosom berfungsi sebagai tempat berlangsungnya sintesis protein.

Di dalam sitoplasma, ribosom ada yang menempel pada retikulum endoplasma (**Gambar 1.5**) dan ada yang bebas. Ribosom yang menempel pada retikulum endoplasma berfungsi menyintesis protein-protein untuk disekresikan ke luar sel. Adapun ribosom yang bebas berfungsi menyintesis protein untuk keperluan sel itu sendiri.

3) Retikulum endoplasma

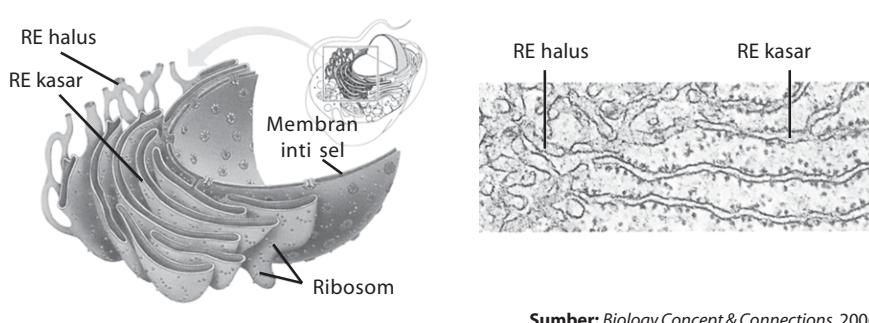
Retikulum endoplasma (RE) adalah organel yang terdiri atas membran-membran yang tersusun paralel. RE memiliki rongga-rongga (sisterna) yang berbentuk pipih dan tubulus. Sisterna menghubungkan membran inti dengan membran sel.

Retikulum endoplasma terdiri atas dua jenis, yaitu RE kasar dan RE halus (**Gambar 1.6**). RE kasar adalah RE yang permukaannya ditempeli oleh ribosom. Adapun RE halus, permukaannya tidak ditempeli oleh ribosom. RE memiliki beberapa fungsi, seperti membentuk jaringan **citocavitari** (sistem sirkulasi intra seluler); menyediakan enzim-enzim di sepanjang RE; berperan dalam transportasi berbagai zat; dan berperan dalam pembentukan fosfolipid, kolesterol, dan karbohidrat.



Gambar 1.5

Jenis ribosom yang menempel pada retikulum endoplasma.



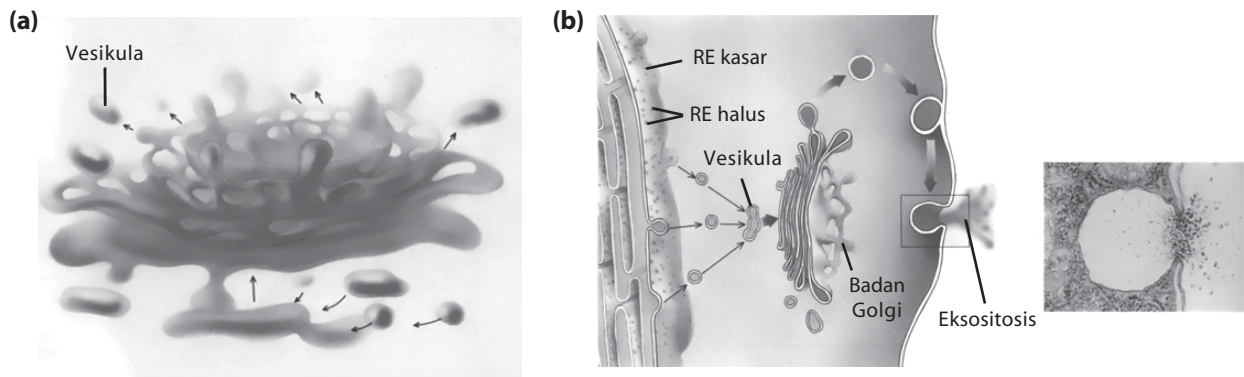
Gambar 1.6

Retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus

4) Badan goldi (apparatus golgi)

Pada 1898, seorang ahli biologi berkebangsaan Itali, **Camillo Golgi**, menemukan suatu organel yang tersusun atas tumpukan kantung pipih. Organel tersebut kemudian diberi nama badan Golgi. Badan Golgi membentuk **vesikula** (kantong) yang akan membawa zat-zat yang dihasilkan oleh retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus menuju membran sel. Zat-zat yang dihasilkan RE biasanya berbentuk

protein. Di dalam badan Golgi, protein tersebut mengalami perubahan-perubahan lebih lanjut. Badan Golgi biasanya berjumlah banyak dan aktif pada sel-sel sekresi, seperti pankreas dan kelenjar ludah.



Gambar 1.7

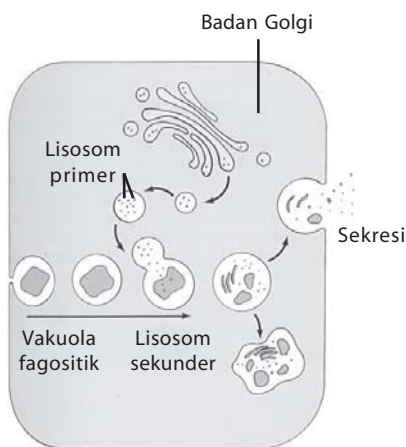
(a) Badan golgi yang membentuk vesikula. (b) Mekanisme sekresi oleh badan golgi

Sumber: *Biology Concept & Connections*, 2006

5) Lisosom

Beberapa vesikula yang berasal dari badan Golgi tetap berada di dalam sitoplasma. Vesikula tersebut dinamakan lisosom, yaitu organel berbentuk oval atau bulat yang dilapisi oleh satu lapis membran. Lisosom mengandung enzim yang dapat mencerna polisakarida, fosfolipid, lipid, dan protein. Selain itu, lisosom juga berfungsi mencernakan dan menguraikan organel sel yang tua atau telah rusak. Lisosom pun berperan di dalam proses kematian sel (**autolisis**).

Lisosom yang baru dibentuk disebut **lisosom primer**. Adapun lisosom yang telah ikut dalam proses pencernaan sel disebut **lisosom sekunder**. Contoh lisosom sekunder adalah lisosom primer yang telah bergabung dengan vakuola fagositik.



Sumber: *Essentials of Biology*, 1990

Gambar 1.8

Lisosom terbentuk dari badan golgi.

6) Mikrobodi

Mikrobodi merupakan organel dengan struktur yang mirip dengan lisosom. Contoh mikrobodi adalah **peroksisom**. Peroksisom adalah organel yang mengandung banyak enzim katalase. Enzim katalase berfungsi menguraikan senyawa beracun peroksida (H_2O_2). Hasil penguraian peroksida berupa air (H_2O) dan oksigen (O_2). Pada hewan, peroksisom banyak terdapat di dalam hati dan ginjal. Peroksisom yang hanya terdapat pada tumbuhan disebut **glioksisom**. Glioksisom berfungsi mengoksidasi asam lemak. Organel ini banyak ditemukan di dalam jaringan lemak pada biji yang sedang berkecambah.

Tugas Anda 1.1

Semenjak ditemukannya sel, para ilmuwan telah mengembangkan pula berbagai teknik yang digunakan untuk mempelajari sel. Bersama teman sekelompok, buatlah laporan atau artikel mengenai teknik dan peralatan yang digunakan untuk mempelajari sel. Carilah sumber dari surat kabar atau internet. Kumpulkan hasilnya kepada guru Anda.

Kata Kunci

- Badan Golgi
- Lisosom
- Mikrobodi

3. Perbedaan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Sejak penemuan sel oleh Robert Hooke, penelitian mengenai sel semakin berkembang. Dua orang ilmuwan yang turut berperan adalah Theodor Schwann dan Matthias Schleiden. Kedua ilmuwan tersebut merupakan pengembang penelitian sel tumbuhan dan sel hewan. Jika diamati melalui mikroskop elektron, akan terlihat secara morfologi perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan. Agar Anda dapat lebih memahami perbedaan antara sel hewan dan sel tumbuhan, Anda dapat melakukan **Aktivitas Biologi 1.1**.



Aktivitas Biologi 1.1

Struktur Sel dan Sel Tumbuhan

Tujuan

Menunjukkan struktur sel hewan dan sel tumbuhan

Alat dan Bahan

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1. Mikroskop | 5. Silet |
| 2. Kaca objek | 6. Tusuk gigi |
| 3. Kaca penutup | 7. Air |
| 4. Pinset | 8. Bawang merah |

Langkah Kerja

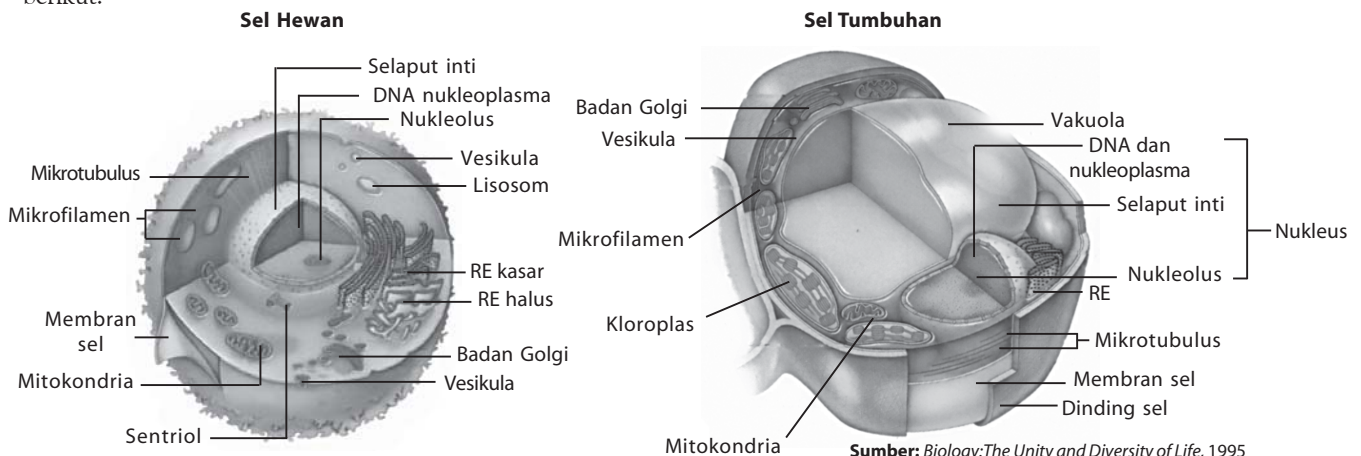
A. Struktur Sel Hewan

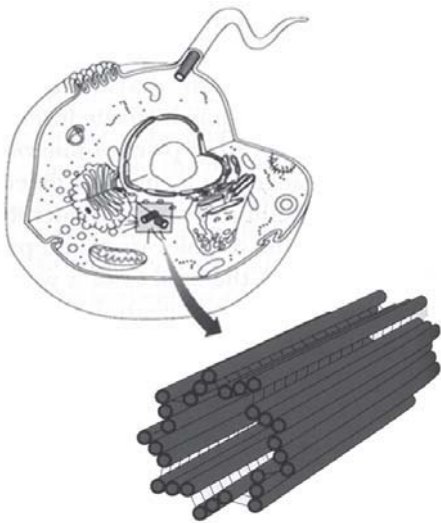
1. Koreklah kulit pipi pada bagian dalam mulut Anda dengan menggunakan tusuk gigi tumpul.
2. Oleskan di atas kaca objek dan teteskan air suling di atasnya. Kemudian, tutup dengan kaca penutup.
3. Amati preparat dengan menggunakan mikroskop cahaya.
4. Gambarkan bentuk sel yang Anda amati dan sebutkan bagian-bagian sel yang tampak.

B. Struktur Sel Tumbuhan

1. Potonglah kulit terluar bawang merah dengan ukuran 0,50 cm.
2. Dengan menggunakan pinset, letakkan kulit bawang tersebut di atas kaca objek.
3. Teteskan air suling di atasnya, kemudian tutuplah dengan kaca penutup.
4. Amati preparat dengan menggunakan mikroskop cahaya.
5. Gambarkan bentuk sel yang Anda amati dan sebutkan bagian-bagian sel yang tampak.

Untuk lebih memahami struktur sel hewan dan sel tumbuhan serta perbedaan di antara keduanya, Anda dapat mempelajari gambar sel hewan dan sel tumbuhan berikut.

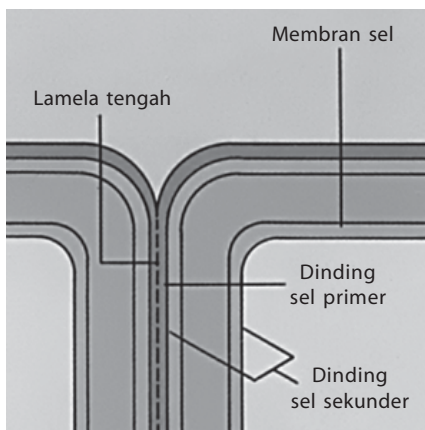




Sumber: Essentials of Biology, 1990

Gambar 1.9

Sentriol terdiri atas sembilan triplet mikrotubulus.



Sumber: Heath Biology, 1985

Gambar 1.10

Struktur dinding sel

Logika Biologi

Setelah melihat struktur sel tumbuhan dan sel hewan, dapatkah Anda menjelaskan mengapa tubuh tumbuhan kaku dan tubuh hewan relatif lentur? Jelaskan.

Dapatkah Anda menemukan perbedaan di antara keduanya? Apakah organel yang terdapat pada kedua sel tersebut sama? Jika Anda memahami perbedaan di antara keduanya, buatlah tabel seperti berikut di buku tulis Anda, kemudian lengkapi dengan baik dan benar.

No	Bagian Sel	Hewan	Tumbuhan
1	Dinding sel	-	✓
2	Membran sel		
3			
4			
...			
...			

Dari **Aktivitas Biologi 1.1**, dapat terlihat adanya perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan. Perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan bisa berupa ada tidaknya suatu bagian atau organel sel, maupun perbedaan struktur dan fungsi organelnya. Berikut beberapa organel yang hanya dimiliki oleh sel hewan atau sel tumbuhan saja.

a. Sentriol

Sentriol hanya terdapat pada sel hewan dan Protista. Sentriol merupakan organel berbentuk silinder yang tersusun atas mikrotubulus. Sentriol biasanya terletak di dekat inti sel (nukleus). Organel ini berperan dalam pembelahan sel.

b. Dinding Sel

Sel tumbuhan memiliki dinding sel yang kaku. Dinding sel ini berfungsi sebagai pelindung sel dan pemberi bentuk sel agar tetap stabil. Dinding sel terletak di sebelah luar setelah membran sel. Pada tumbuhan, dinding sel tersusun atas selulosa dalam jumlah besar, lignin, dan suberin.

Dinding sel merupakan suatu struktur yang sangat kompleks. Dinding sel pada tumbuhan tersusun atas dua bagian yaitu, **dinding sel primer** dan **dinding sel sekunder**. Di antara dinding sel primer dan dinding sel sekunder terdapat suatu lapisan yang disebut **lapisan tengah** (*middle lamella*). Lapisan tengah ini tersusun atas polisakarida yang menyerupai jeli (**pektin**). Dinding sel sekunder lebih kuat apabila dibandingkan dinding sel primer. Hal ini dikarenakan dinding sel sekunder mengandung lebih banyak selulosa dan lignin.

c. Plastida

Organel ini hanya terdapat pada sel tumbuhan. Plastida berperan dalam proses fotosintesis, yaitu proses pembentukan karbohidrat. Plastida berfungsi menangkap energi cahaya untuk menghasilkan gula. Adanya plastida di dalam sel membuat tumbuhan dapat menghasilkan molekul makanannya sendiri.

Terdapat dua tipe plastida, yaitu **leukoplas** dan **kromoplas**. Leukoplas merupakan plastida yang tidak memiliki pigmen. Leukoplas berfungsi menyimpan makanan cadangan berupa karbohidrat, lipid, ataupun protein. Adapun kromoplas adalah plastida yang memiliki pigmen. Pigmen ini akan memberi warna pada daun, bunga, dan buah. Jenis pigmen pada kromoplas, di antaranya pigmen jingga (**karoten**), pigmen merah (**fikoeritrin**), dan pigmen hijau (**klorofil**).

Kromoplas dengan pigmen hijau (kloroplas) sangat berpengaruh dalam proses fotosintesis. Oleh karena itu, berikut akan dijelaskan tentang kloroplas.

Kloroplas memiliki ukuran panjang hampir sama dengan panjang sel darah merah ($3\text{--}8\mu\text{m}$). Kloroplas merupakan tempat terjadinya fotosintesis. Kebanyakan kloroplas ditemukan di dalam sel mesofil, yaitu jaringan hijau pada daun. Setiap mesofil mengandung 30–40 kloroplas. Kloroplas merupakan plastida dengan pigmen hijau (klorofil). Di dalam kloroplas terdapat banyak klorofil.

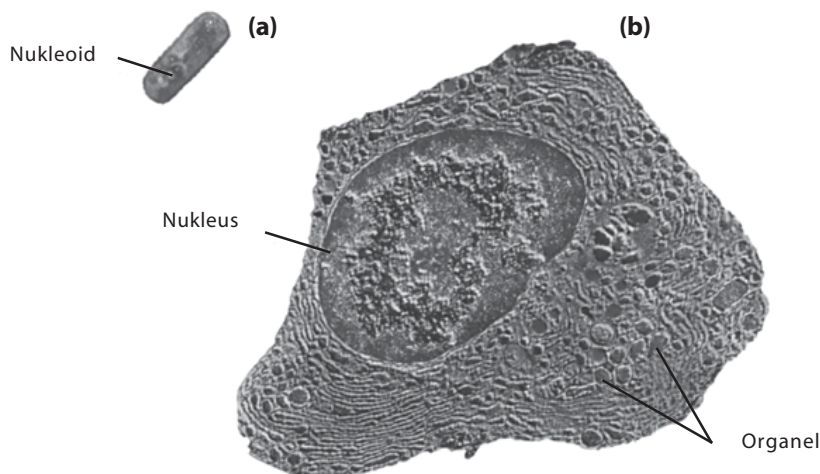
Klorofil berperan menyerap energi cahaya matahari yang digunakan di dalam proses fotosintesis. Pada tumbuhan, sinar matahari diserap oleh klorofil beserta karbon dioksida untuk direaksikan dengan air dari tanah. Proses fotosintesis menghasilkan molekul makanan dan oksigen.

Kloroplas dibagi menjadi tiga ruang fungsional yang dibentuk oleh sistem membran, yaitu **ruang intermembran**, **ruang tilakoid**, dan **stroma**. Ruang intermembran tersusun atas dua membran yang terbentuk dari sitosol. Ruang tilakoid terbentuk dari sistem membran di dalam kloroplas. Klorofil banyak ditemukan di dalam membran tilakoid. Membran tilakoid ini membentuk dua kompartemen, yaitu ruang **tilakoid** dan **grana**. Grana adalah susunan tilakoid yang bertumpuk-tumpuk.

4. Sel Prokariotik dan Sel Eukariotik

Sel terdiri atas dua tipe, yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Perbedaan yang mendasar dari kedua tipe sel tersebut adalah ada atau tidaknya membran yang membatasi inti sel. Sel prokariotik (*pro* = sebelum, *karyotic* = nukleus) merupakan tipe sel yang paling sederhana. Substansi genetiknya (DNA) terkonsentrasi dalam suatu kumpulan yang disebut **nukleoid** karena tidak adanya membran khusus. Oleh karena itu, sel prokariotik bisa disebut sebagai sel yang tidak memiliki membran inti.

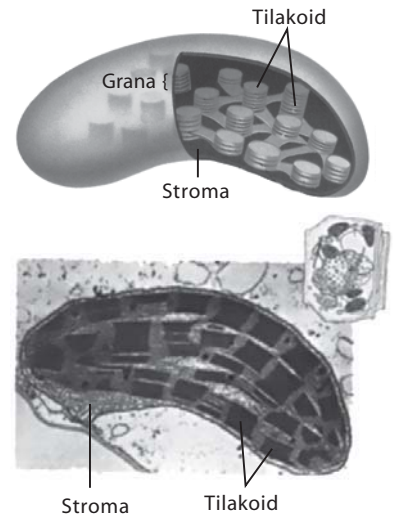
Sel eukariotik (*eu*=sejati) berukuran lebih besar daripada sel prokariotik. Selain itu, sel eukariotik memiliki struktur dan fungsi yang lebih kompleks daripada sel prokariotik. Sesuai dengan namanya, sel eukariotik sudah memiliki membran inti sel (nukleus). Artinya, substansi genetiknya sudah dibatasi oleh sebuah membran.



Sumber: *Biology Concept & Connections*, 2006

Kata Kunci

- Grana
- Kloroplas
- Plastida
- Tilakoid



Sumber: *Biology: Exploring Life*, 1994

Gambar 1.11

Struktur kloroplas

Logika Biologi

Perhatikanlah tumbuhan yang ada di sekitar Anda. Apabila Anda perhatikan, tidak semua daun tumbuhan berwarna hijau. Apakah pada daun yang tidak berwarna hijau terjadi fotosintesis?



Fakta Biologi

Sel terkecil di dalam tubuh manusia adalah sel darah merah, yaitu berdiameter sekitar 0,0007 mm.

Sumber: *Science Library: Human Body*, 2004

Gambar 1.12

Perbandingan ukuran dan struktur (a) sel prokariotik dan (b) sel eukariotik.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Apakah perbedaan antara sel prokariotik dan sel eukariotik?
2. Apakah yang dimaksud dengan selektif permeabel dan semipermeabel pada membran sel?
3. Tuliskan fungsi dari lisosom.
4. Jelaskan perbedaan struktur antara sel tumbuhan dan sel hewan.



Sekilas Biologi

Tim peneliti dari Jepang telah mengembangkan sebuah sel bahan bakar (*fuelcell*) yang bekerja di dalam darah tanpa menggunakan bahan-bahan beracun. Sel bahan bakar biologi ini menggunakan glukosa, gula yang terlarut dalam darah, dan sebuah bahan tidak beracun yang digunakan untuk mengalirkan elektron dari glukosa.

Sumber: www.kompas.com, 16 Mei 2005

B. Transpor Zat-Zat Melalui Membran Sel

Sel-sel membutuhkan zat atau molekul untuk menjalankan semua aktivitas metabolisme. Beberapa zat yang diperlukan harus bergerak masuk ke dalam sel. Hal ini berlawanan dengan sampah metabolisme yang harus bergerak ke luar sel. Membran sel memegang peranan yang sangat penting dalam proses keluar masuknya zat.

Transportasi zat-zat dibagi menjadi dua, yaitu **transportasi pasif** dan **transportasi aktif**. Transportasi pasif adalah perpindahan zat-zat mengikuti aliran perbedaan konsentrasi, sedangkan transportasi aktif adalah perpindahan zat-zat melawan aliran perbedaan konsentrasi dan memerlukan energi. Transportasi pasif berlangsung melalui proses **difusi** dan **osmosis**. Adapun transportasi aktif, berlangsung melalui proses **transpor aktif**, **eksositosis**, dan **endositosis**.

1. Difusi

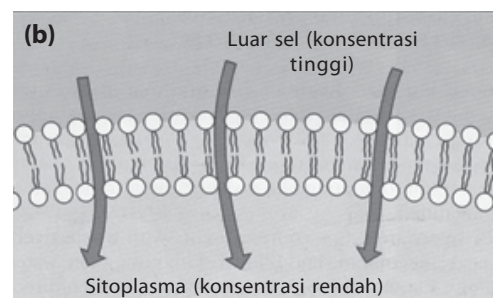
Secara tidak sadar proses difusi sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari. Misalnya, Anda akan memasukan satu sendok gula ke dalam segelas air teh jika ingin membuat air teh manis. Apa yang akan terjadi dengan gula tersebut? Awalnya, gula tersebut akan mengendap di dasar gelas. Akan tetapi, lama-kelamaan gula tersebut akan larut ke dalam air teh tersebut.

Peristiwa tersebut akan terjadi pula pada tinta yang Anda teteskan ke dalam air bening dalam suatu wadah. Tinta tersebut akan larut dan membuat air bening berubah warna menjadi seperti warna tinta. Peristiwa larutnya gula dan tinta merupakan contoh peristiwa difusi.



Gambar 1.13

- (a) Tinta yang berdifusi ke dalam air.
(b) Difusi yang terjadi pada membran sel.



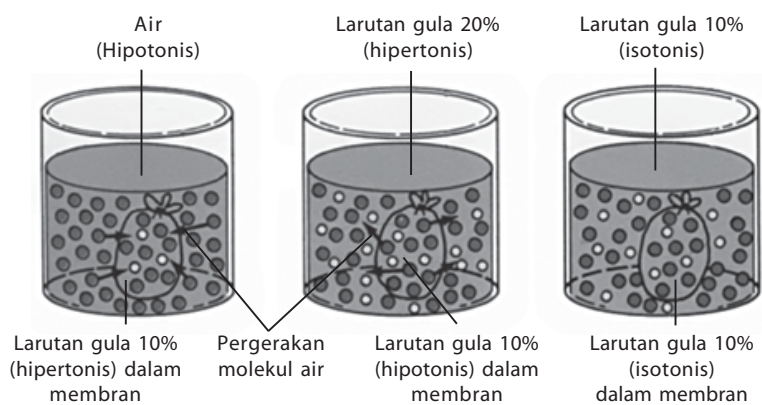
Sumber: Heath Biology, 1985; Biology: Exploring Life, 1994

Difusi merupakan perpindahan molekul-molekul suatu zat dari bagian yang berkonsentrasi tinggi menuju bagian yang berkonsentrasi rendah. Difusi dapat terjadi melalui membran ataupun tidak melalui membran. Dalam tingkatan sel, difusi dapat diartikan perpindahan molekul sel dari konsentrasi molekul tinggi menuju konsentrasi molekul rendah. Dapatkah Anda memberikan contoh proses difusi yang lainnya?

2. Osmosis

Osmosis adalah pergerakan molekul air dari konsentrasi air yang tinggi menuju konsentrasi air yang rendah melalui membran selektif permeabel (semipermeabel). Dengan kata lain, osmosis adalah difusi molekul air melalui membran semipermeabel. Semipermeabel berarti membran tersebut hanya bisa dilalui oleh molekul-molekul air atau molekul-molekul seukuran dengan air.

Air merupakan zat pelarut. Oleh karena itu, osmosis dapat diartikan sebagai gerak cairan yang encer menuju cairan yang pekat melalui membran semipermeabel. Apabila kepekatan cairan di luar dan di dalam sel sama (**isotonis**), kondisi sel akan tetap. Namun, apabila cairan di luar sel lebih encer daripada di dalam sel (**hipotonis**) maka air akan masuk ke dalam sel. Sebaliknya, apabila cairan di luar sel lebih pekat daripada di dalam sel (**hipertonis**) maka air dari dalam sel akan bergerak ke luar. Kondisi hipotonis dapat mengakibatkan sel menggelembung dan mungkin pecah. Adapun pada kondisi hipertonis, sel akan mengerut.



Sumber: Heath Biology, 1985

Logika Biologi

Apakah yang akan terjadi jika ikan air tawar dimasukkan ke dalam air laut? Sebaliknya apakah yang terjadi jika ikan laut dimasukkan ke dalam air tawar? Dapatkah Anda beternak ikan laut di air tawar?

Keterangan

○ = molekul gula

● = molekul air

Gambar 1.14

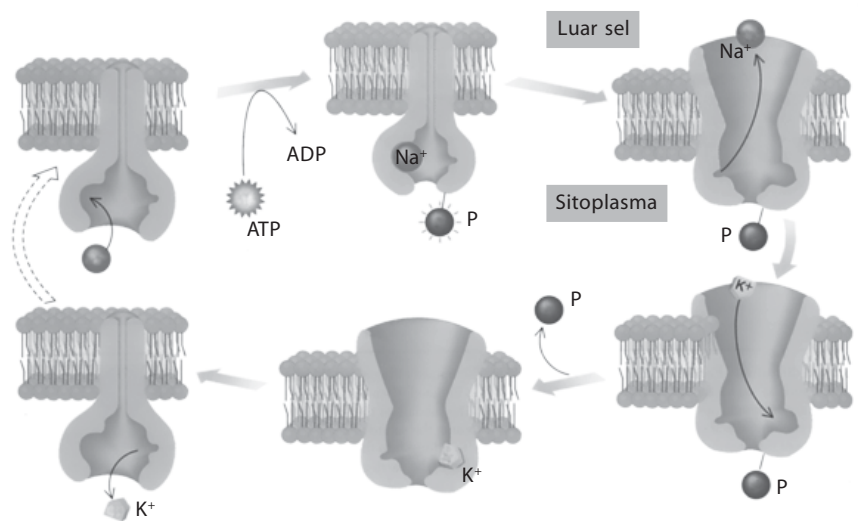
Mekanisme osmosis

3. Transpor Aktif

Transpor aktif terjadi apabila sel secara aktif memindahkan zat-zat melewati membran sel dengan menggunakan energi. Biasanya, transpor aktif dilakukan untuk memindahkan zat dari konsentrasi rendah menuju konsentrasi tinggi. Misalnya, glukosa tidak dapat melewati membran sel karena ukurannya terlalu besar. Oleh karena itu, molekul glukosa ini akan diangkut secara aktif. Energi yang digunakan untuk transpor aktif ini didapat dari pemecahan ATP menjadi ADP, fosfat, dan energi. Glukosa tersebut akan berikatan dengan fosfat menjadi glukosa-fosfat. Glukosa-fosfat inilah yang dapat melewati membran sel.

Contoh transpor aktif yang paling sering muncul adalah mekanisme **pompa natrium-kalium**. Mekanisme pompa natrium-kalium akan memompa masuk ion kalium (K^+) dan memompa keluar ion natrium (Na^+). Mekanisme pompa natrium-kalium dapat Anda perhatikan pada **Gambar 1.15**.

Ion Na^+ akan melekat pada protein di dalam membran sel. Ketika ATP dihidrolisis menjadi ADP, fosfat yang dihasilkan akan melekat pada protein. Melekatnya fosfat pada protein menyebabkan protein berubah bentuk. Perubahan bentuk protein membuat ion Na^+ keluar dari dalam sel. Bersamaan dengan itu, ion K^+ akan melekat pada protein dan fosfat akan lepas. Lepasnya fosfat menyebabkan bentuk protein kembali seperti semula. Ion K^+ akan masuk ke dalam sel.

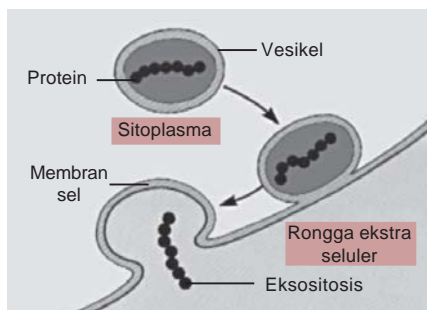


Gambar 1.15
Skema mekanisme pompa natrium-kalium

Sumber: *Biology: Exploring Life*, 1994

4. Eksositosis

Eksositosis terjadi apabila terdapat molekul-molekul berukuran besar yang tidak dapat ditransportasikan melalui mekanisme transpor aktif. Eksositosis (*ex* = keluar dari, *cytos* = sel) merupakan mekanisme transpor molekul keluar dari sel dengan cara membentuk vesikula. Suatu sel akan membentuk vesikula apabila akan mengeluarkan suatu molekul. Vesikula yang terbentuk akan melingkupi molekul yang akan dikeluarkan. Vesikula bersama molekul yang dilingkupinya tersebut akan bergerak menuju membran sel. Setelah melekat dengan membran sel, molekul yang dibawa vesikula akan dikeluarkan dari dalam sel.



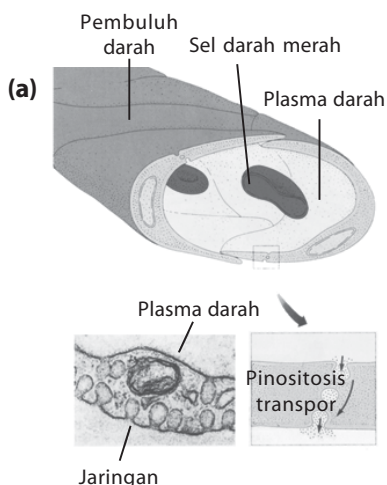
Sumber: *Biology: Discovering Life*, 1991

Gambar 1.16
Proses eksositosis

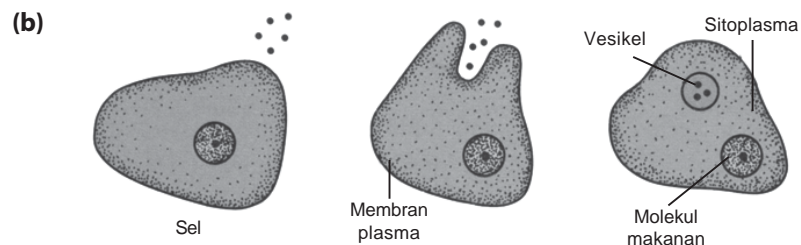
5. Endositosis

Sebaliknya dari eksositosis, endositosis merupakan mekanisme masuknya molekul ke dalam sel dengan bantuan vesikula. Endositosis berasal dari *endon* yang berarti dalam dan *cytos* yang berarti sel. Mekanismenya, suatu sel akan membentuk vesikula dengan cara menjulurkan bagian luar membran sel. Bagian luar membran sel tersebut akan mengurung atau menangkap molekul yang akan dibawa masuk. Kemudian, vesikula akan menelan molekul tersebut sehingga masuk ke dalam sel.

Terdapat dua jenis endositosis, yaitu **pinositosis** dan **fagositosis** (**Gambar 1.17**). Pinositosis adalah proses endositosis berupa cairan, sedangkan fagositosis adalah proses endositosis tidak berupa cairan, misalnya bakteri.



Gambar 1.17
(a) Pinositosis dan
(b) fagositosis



Sumber: *Essentials of Biology*, 1990; *Heath Biology*, 1985



Aktivitas Biologi 1.2

Proses Difusi dan Osmosis

Tujuan

Mengamati proses osmosis

Alat dan Bahan

1. Mistar
2. Tiga buah gelas kimia 0,5 L
3. Kentang
4. Air suling
5. Gula

Langkah Kerja

1. Buatlah potongan kentang berbentuk bujur sangkar dengan perbandingan panjang : lebar : tinggi adalah 0,5 cm : 0,5 cm : 3 cm. Buatlah potongan kentang tersebut sebanyak 9 buah.
2. Sediakan tiga buah gelas kimia dan masing-masing diberi label A, B, dan C.
3. Masukkan air suling ke dalam gelas kimia A; masukkan larutan gula 10% ke dalam gelas kimia B; masukkan larutan gula 20% pada gelas kimia C. Bagaimanakah cara membuat larutan-larutan tersebut?
4. Masukkan masing-masing tiga buah potongan kentang pada gelas kimia A, B, dan C. Kemudian, diamkan selama satu jam.
5. Ukurlah tinggi dan berat setiap kentang. Masukkan hasil pengamatan Anda ke dalam tabel seperti berikut.

No	Gelas Kimia	Kentang	Tinggi Awal	Tinggi Akhir	Berat Awal	Berat Akhir	Keterangan
1	A	1	3 cm				
2		2	3 cm				
3		3	3 cm				
4	B	1	3 cm				
5		2	3 cm				
6		3	3 cm				
7	C	1	3 cm				
8		2	3 cm				
9		3	3 cm				

Pertanyaan

1. Apakah terjadi perubahan ukuran pada kentang?
2. Kentang pada gelas kimia manakah yang berkurang ukurannya?
3. Apakah yang terjadi pada kentang pada gelas kimia A?
4. Apa sajakah yang memengaruhi perubahan ukuran pada kentang?
5. Lewat manakah sebenarnya air yang ada?
6. Adakah bahan selain kentang yang dapat digunakan untuk percobaan tersebut? Lakukanlah.
7. Kesimpulan apakah yang dapat Anda peroleh dari kegiatan ini?

Tes Kompetensi Subbab B

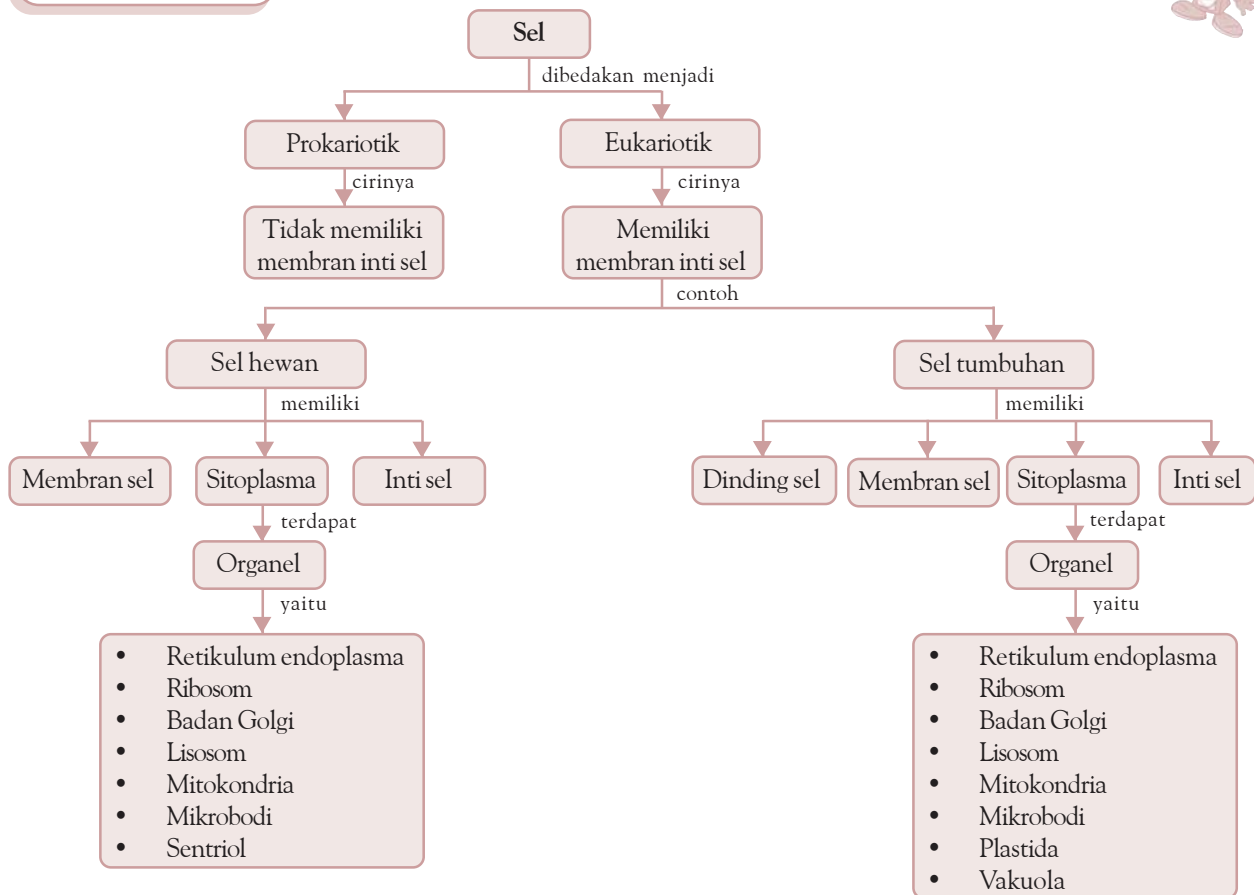
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan proses difusi.
2. Jelaskan proses osmosis.
3. Mengapa proses transpor aktif memerlukan energi?
4. Jelaskan dua tipe endositosis.

Rangkuman

1. Terdapat tiga teori mengenai sel, yaitu sel merupakan unit struktural paling dasar dari makhluk hidup; sel adalah unit fungsional dari makhluk hidup; semua sel berasal dari sel lainnya melalui proses pembelahan.
2. Sel tersusun atas tiga komponen utama, yaitu membran sel, inti sel (nukleus), dan sitoplasma.
3. Membran sel tersusun atas molekul protein, fosfolipid, air, karbohidrat, dan sedikit kolesterol. Lapisan fosfolipid tersusun atas gugus lipid yang bersifat hidrofobik dan gugus fosfat yang bersifat hidrofilik.
4. Inti sel (nukleus) merupakan bagian terpenting bagi kehidupan sel sebab nukleus mengendalikan seluruh aktivitas sel. Nukleus dibatasi oleh membran inti yang berfungsi melindungi inti sel dan sebagai tempat pertukaran zat antara materi inti dengan sitoplasma. Inti sel tersusun atas cairan inti (nukleoplasma), anak inti (nukleolus), dan kromatin.
5. Sitoplasma merupakan cairan koloid kompleks dari sel. Pada sitoplasma terdapat organel sel dan substansi yang tidak hidup. Di dalam sitoplasma berlangsung beberapa metabolisme sel, misalnya sintesis protein.
6. Di dalam sel terdapat organel-organel, seperti mitokondria, ribosom, retikulum endoplasma, badan golgi, lisosom, mikrobodi, dan sentriol.
7. Terdapat perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan. Perbedaan tersebut berdasarkan ada atau tidaknya suatu bagian atau organel sel. Misalnya, dinding sel, kloroplas, dan plastida merupakan organel sel yang hanya terdapat pada tumbuhan.
8. Sel terdiri atas dua tipe, yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Sel prokariotik merupakan tipe sel yang tidak memiliki membran inti. Adapun sel eukariotik adalah tipe sel yang sudah memiliki membran inti.
9. Sel membutuhkan zat atau molekul untuk menjalankan aktivitas metabolismenya. Kebutuhan tersebut difasilitasi dengan adanya transportasi zat-zat melalui membran sel. Transportasi zat-zat dibagi menjadi dua, yaitu transportasi pasif dan transportasi aktif. Transportasi pasif berlangsung melalui proses difusi dan osmosis. Adapun transportasi aktif berlangsung melalui proses transpor aktif, eksositosis, dan endositosis.

Peta Konsep



Refleksi

Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi **Organisasi Tingkat Sel** ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda dapat memahami sel sebagai unit terkecil penyusun tubuh serta organel-organelnya.

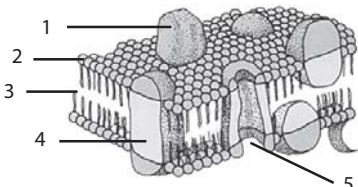
Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu memahami struktur dan fungsi sel sebagai unit terkecil kehidupan; mengidentifikasi organel sel tumbuhan dan sel hewan, serta membandingkan mekanisme transpor pada membran sel. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.

Evaluasi Kompetensi Bab 1

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

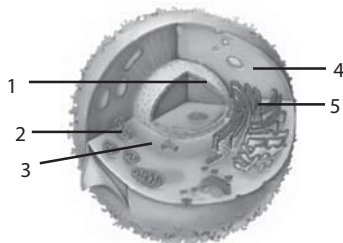
A. Pilihan Ganda

- Istilah sel pertama kali dinyatakan oleh
 - Robert Hooke
 - Felix Dujardin
 - Theodor Schwann
 - Rudolf Virchow
 - Matthias Schleiden
- Perhatikan gambar berikut.
 

Protein perifer ditunjukkan oleh nomor

 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Bagian dari membran sel yang bersifat hidrofobik ditunjukkan oleh nomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Teori *fluid mosaic model* dikemukakan oleh
 - Rudolf Virchow
 - Mathias Schleiden
 - Singer dan Nicolson
 - Robert Hooke
 - Theodor Schwann

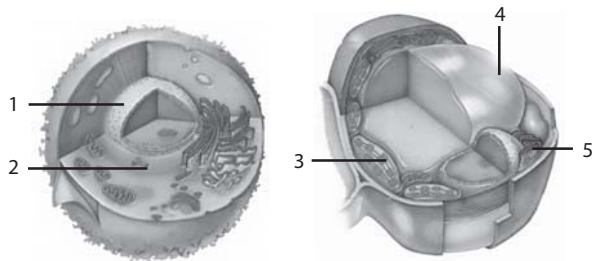
Untuk soal no 5–7, perhatikan gambar berikut.



- Bagian sel yang berfungsi mengendalikan seluruh aktivitas sel ditunjukkan oleh nomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Kromatin terletak pada bagian sel dengan nomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Organel-organel sel terletak pada suatu cairan. Cairan tersebut ditunjukkan oleh nomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Organel sel yang merupakan tempat berlangsungnya respirasi sel adalah
 - nukleus
 - lisosom
 - mitokondria
 - nukleolus
 - ribosom
- Organel sel yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya sintesis protein adalah
 - ribosom
 - nukleus
 - membran sel
 - lisosom
 - mitokondria
- Perbedaan utama antara retikulum endoplasma halus dan retikulum endoplasma kasar adalah
 - fungsinya
 - ada tidaknya ribosom
 - letaknya di sel
 - letaknya di sel hewan atau sel tumbuhan
 - ada tidaknya *citocavitari*

11. Organel yang berperan dalam proses sekresi adalah
 - a. retikulum endoplasma halus
 - b. retikulum endoplasma kasar
 - c. badan golgi
 - d. ribosom
 - e. membran sel
12. Pasangan nama organel dan fungsinya yang benar adalah
 - a. membran sel - respirasi
 - b. nukleus - transportasi
 - c. lisosom - pencernaan sel yang rusak
 - d. mitokondria - reproduksi
 - e. retikulum endoplasma - sintesis protein
13. Lisosom primer yang bergabung dengan vakuola fagositik dapat membentuk
 - a. enzim
 - b. lisosom sekunder
 - c. ribosom
 - d. vakuola
 - e. retikulum endoplasma kasar
14. Pada peroksisom, H_2O_2 diuraikan oleh enzim
 - a. tripsin
 - b. lipase
 - c. amilase
 - d. katalase
 - e. selulase

Untuk soal no 15–17, perhatikan gambar berikut.



15. Perbedaan antara sel hewan dan tumbuhan adalah ada tidaknya bagian sel yang ditunjukkan oleh nomor

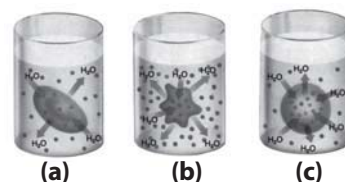
B. Soal Uraian

1. Jelaskan struktur membran sel berdasarkan teori mosaik cair.
2. Jelaskan tiga fungsi membran sel.
3. Apakah perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan?
4. Apakah perbedaan yang mendasar dari sel prokariotik dan sel eukariotik?
5. Jelaskan peristiwa yang terjadi pada sel tumbuhan dan sel hewan apabila dimasukkan ke dalam air murni.

- a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
16. Organel yang mengandung DNA ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
17. Organel yang berperan dalam pembelahan sel ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
18. Grana dari kloroplas dan krista dari mitokondria memiliki persamaan fungsi, yaitu untuk
 - a. perlindungan dari kerusakan
 - b. memperbesar tekanan osmosis dan difusi
 - c. mengontrol metabolisme sel
 - d. memperluas bidang tempat terjadinya reaksi kimia dalam sel
 - e. tempat berlangsungnya fotosintesis
19. Proses perpindahan molekul-molekul suatu zat dari bagian yang berkonsentrasi tinggi menuju bagian yang berkonsentrasi rendah disebut
 - a. osmosis
 - b. transportasi
 - c. eksositosis
 - d. endositosis
 - e. difusi
20. Mekanisme pompa natrium-kalium adalah salah satu contoh dari
 - a. transpor aktif
 - b. osmosis
 - c. difusi
 - d. endositosis
 - e. eksositosis

C. Soal Tantangan

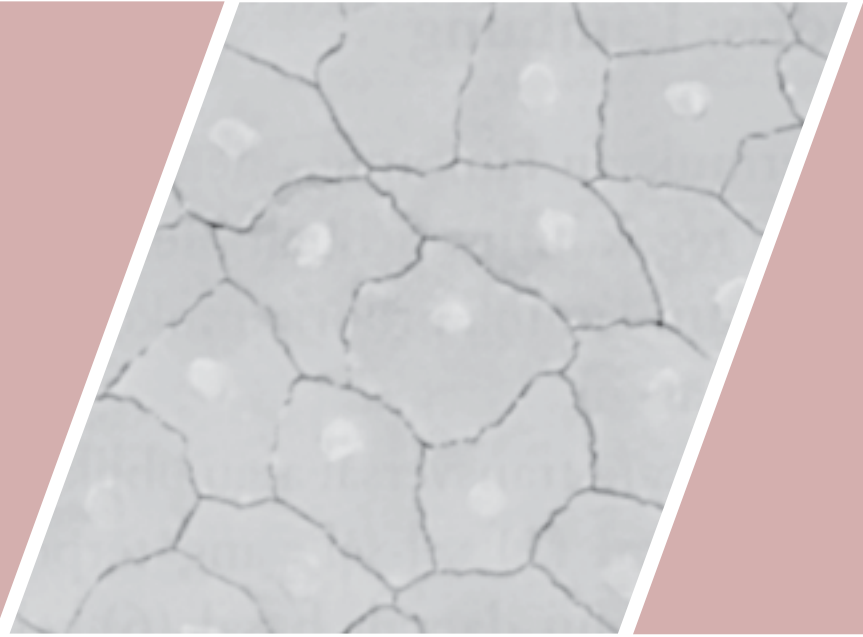
1. Berikut adalah gambar yang menunjukkan sebuah sel yang dimasukkan ke dalam beberapa jenis larutan. Setiap larutan memiliki konsentrasi yang berbeda-beda.



Berdasarkan gambar tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- a. Larutan manakah yang bersifat hipotonis? Jelaskan.
- b. Apakah yang terjadi pada sel di larutan B?

Bab 2



Sumber: *Atlas Histologi*, 2003

Jaringan epitel pipih selapis yang melapisi rongga perut.

Organisasi Tingkat Jaringan

Hasil yang harus Anda capai:

memahami keterkaitan antara struktur dan fungsi jaringan tumbuhan dan hewan, serta penerapannya dalam konteks salingtemas.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

- mengidentifikasi struktur jaringan tumbuhan dan mengaitkannya dengan fungsinya, menjelaskan sifat totipotensi sebagai dasar kultur jaringan.
- mendeskripsikan struktur jaringan hewan vertebrata dan mengaitkannya dengan fungsinya.

Pada bab sebelumnya, Anda telah mempelajari materi mengenai sel. Sel adalah unit struktural dan fungsional terkecil dari suatu organisme. Sel memiliki organel-organel kompleks yang memegang peranan sangat penting dalam aktivitas metabolisme sel. Masih ingatkah Anda apa saja organel-organel sel tersebut?

Secara umum, sel-sel di dalam tubuh akan saling berhubungan atau berikatan satu sama lain. Kumpulan sel-sel yang sejenis baik struktur maupun fungsinya disebut dengan jaringan.

Pada bab ini, Anda akan mempelajari organisasi tingkat jaringan. Jaringan apa sajakah yang terdapat pada tumbuhan? Apakah berbeda dengan hewan? Lalu, bagaimana struktur dan fungsi jaringan tersebut? Semua pertanyaan tersebut dapat Anda jawab setelah mempelajari materi pada bab ini. Oleh karena itu, pelajarilah bab ini dengan saksama.

- A. Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan**
- B. Struktur dan Fungsi Jaringan Hewan**



Sekilas Biologi

Marie Francois Bichat
(1771–1802)



Francois Bichat adalah seorang ahli patologi Prancis yang pertama mengetahui bahwa organ terbuat dari kelompok sel yang berbeda-beda. Ia menamakannya jaringan karena seringkali berbentuk lembaran tipis.

Sumber: Jendela Iptek: Kehidupan, 1997

Kata Kunci

- Jaringan meristem

Tes Kompetensi Awal

1. Apakah yang Anda ketahui tentang jaringan?
2. Apakah hubungan antara sel dan jaringan?

A. Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan

Pada bab sebelumnya, Anda dapat membayangkan suatu tembok yang tersusun atas ratusan batu bata merah untuk mempelajari sel. Batu bata merah tersebut disusun sedemikian rupa hingga dapat membentuk tembok atau dinding rumah. Batu bata merah tersebut dapat diumpamakan sebagai sel. Adapun tembok atau dinding yang tersusun atas batu bata merah tersebut, dapat diumpamakan sebagai jaringan.

Pada organisme tingkat tinggi, misalnya manusia, tubuhnya tersusun atas triliunan sel. Sel-sel penyusun tubuh manusia tersebut, ada yang memiliki struktur dan fungsi yang sama, serta ada pula yang berbeda. Kumpulan sel-sel yang memiliki struktur dan fungsi sama akan membentuk **jaringan**. Misalnya, jaringan parenkim tersusun atas sel-sel parenkim dan jaringan meristem tersusun atas sel-sel meristem.

1. Jaringan pada Tumbuhan

Tumbuhan dapat tumbuh dengan tinggi karena adanya aktivitas jaringan yang sel-selnya terus membelah. Oleh karena itu, jaringan pada tumbuhan dibedakan menjadi dua berdasarkan aktivitas pembelahannya. Jaringan tersebut adalah **jaringan meristem** (embrionik) atau **jaringan muda** dan **jaringan dewasa**. Apakah perbedaan di antara kedua jaringan tersebut?

a. Jaringan Meristem

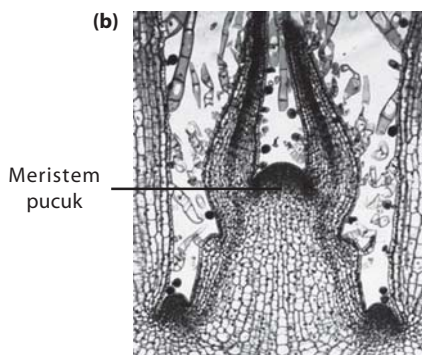
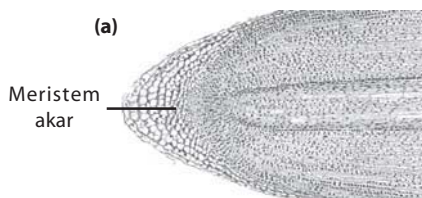
Sel-sel pada jaringan muda selalu aktif membelah. Hal inilah yang menyebabkan bahwa tumbuhan dapat tumbuh dengan tinggi dan besar. Berdasarkan asalnya, jaringan meristem dibagi menjadi dua, yaitu **meristem primer** dan **meristem sekunder**.

1) Meristem primer

Meristem primer adalah jaringan yang sel-selnya berkembang secara langsung dari sel-sel embrionik. Meristem primer terdapat di daerah ujung tumbuhan, misalnya ujung akar (meristem akar) dan ujung batang (meristem pucuk), perhatikan **Gambar 2.1**. Meristem akar dan meristem pucuk menyebabkan tumbuhan semakin panjang, baik ke atas maupun ke bawah. Aktivitas meristem primer menghasilkan pertumbuhan primer.

2) Meristem sekunder

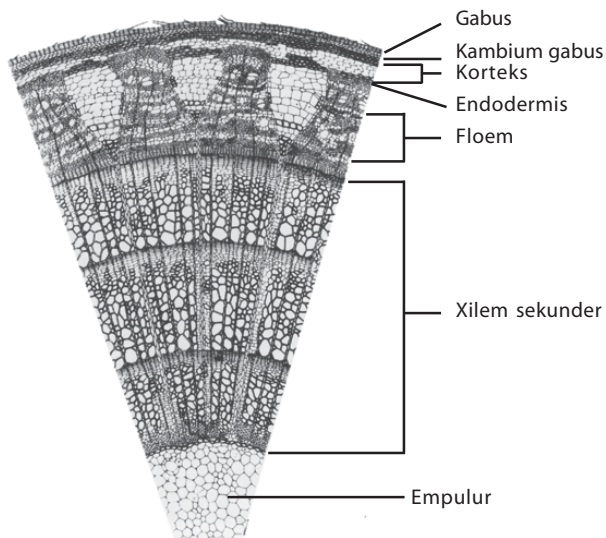
Meristem sekunder adalah jaringan yang sel-selnya berkembang dari jaringan dewasa yang telah mengalami diferensiasi. Meristem sekunder sering disebut sebagai meristem lateral karena letaknya di samping dari organ tumbuhan. Aktivitas meristem sekunder menyebabkan batang dan akar tumbuh membesar ke arah samping. Contoh meristem sekunder adalah kambium dan kambium gabus (**Gambar 2.2**). Aktivitas meristem sekunder menghasilkan pertumbuhan sekunder.



Sumber: Microsoft Encarta, 2005;
www.skidmore.edu

Gambar 2.1

Jaringan meristem pada (a) akar dan (b) pucuk.



Sumber: Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran, 1995

Gambar 2.2

Meristem sekunder pada batang

b. Jaringan Dewasa

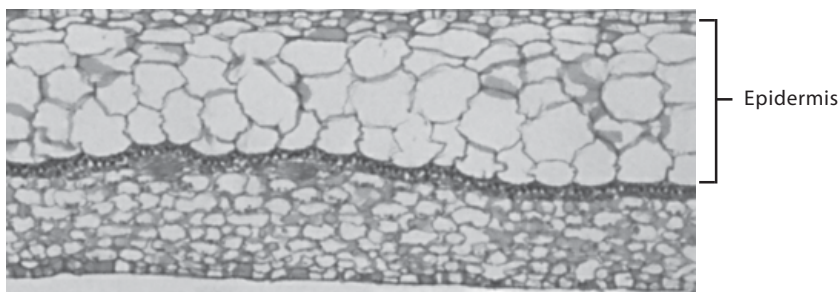
Jaringan dewasa adalah jaringan yang berasal dari pembelahan dan diferensiasi meristem primer dan meristem sekunder. Jaringan dewasa memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

- Tidak memiliki aktivitas untuk membelah diri atau memperbanyak diri
- Memiliki rongga yang besar (ruang antarsel)
- Dinding selnya telah mengalami penebalan
- Berukuran lebih besar daripada sel-sel meristem

Berdasarkan fungsinya, jaringan dewasa dibagi menjadi jaringan pelindung, jaringan dasar, jaringan penguat, dan jaringan pengangkut.

1) Jaringan pelindung

Jaringan yang termasuk ke dalam jaringan pelindung adalah jaringan **epidermis**. Jaringan epidermis merupakan lapisan sel yang berada di bagian paling luar. Jaringan ini biasa ditemukan pada permukaan organ-organ tumbuhan, seperti akar, daun, batang, dan bunga. Sesuai dengan namanya, jaringan epidermis berfungsi melindungi bagian dalam tumbuhan dari faktor luar. Oleh karena itu, jaringan ini tersusun atas sel-sel yang rapat.



Sumber: Botany, 1995

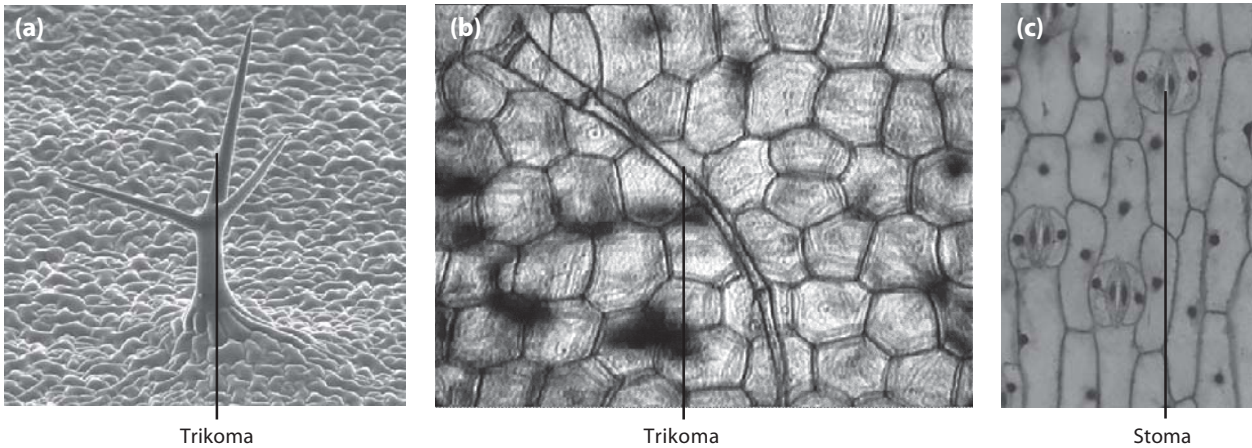
Kata Kunci

- Jaringan epidermis
- Stomata
- Trikom

Gambar 2.3

Jaringan epidermis tersusun atas sel-sel yang rapat pada tanaman karet.

Sel-sel pada jaringan epidermis dapat berkembang menjadi alat-alat tambahan lain yang berbeda bentuk dan fungsi. Contoh bentuk lain dari epidermis, yaitu mulut daun (**stomata**) dan **trikoma**. Stomata (tunggal: stoma) adalah tempat pertukaran gas antara jaringan dan lingkungan. Stomata terdiri atas sepasang sel penjaga dan penutup. Sel-sel tersebut dapat membesar dan memipih sebagai akibat perubahan kandungan air di dalamnya. Adapun trikoma adalah tempat mengurangi penguapan (pada daun) dan penyerapan air dan garam mineral (pada akar).



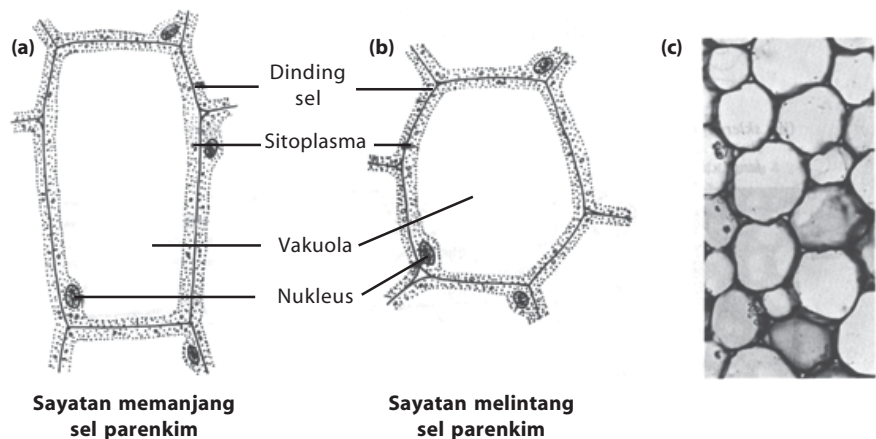
Gambar 2.4
Bentuk lain dari epidermis, yaitu (a) stomata, (b) daun, dan (c) trikoma

Sumber: www.uni-tuebingen.de; www.fwf.ac.at; Botany, 1995

2) Jaringan dasar

Jaringan yang termasuk ke dalam jaringan dasar adalah jaringan **parenkim**. Sel-sel parenkim memiliki dinding yang tipis dengan ruang antarsel yang besar. Parenkim disebut jaringan dasar karena hampir terdapat di setiap bagian tumbuhan. Jaringan parenkim dapat ditemukan, di antaranya pada batang, akar, dan daun.

Jaringan parenkim terletak di antara epidermis dan pembuluh angkut, serta terletak di empulur batang. Pada daun, jaringan parenkim berada pada mesofil daun. Jaringan ini dapat berdiferensiasi menjadi jaringan tiang dan jaringan bunga karang. Oleh karena itu, jaringan parenkim memiliki fungsi sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis. Selain itu, jaringan parenkim berfungsi sebagai tempat penyimpanan makanan cadangan pada buah dan biji.



Gambar 2.5
(a) Daun (b) Sayatan sel parenkim (c) Jaringan parenkim

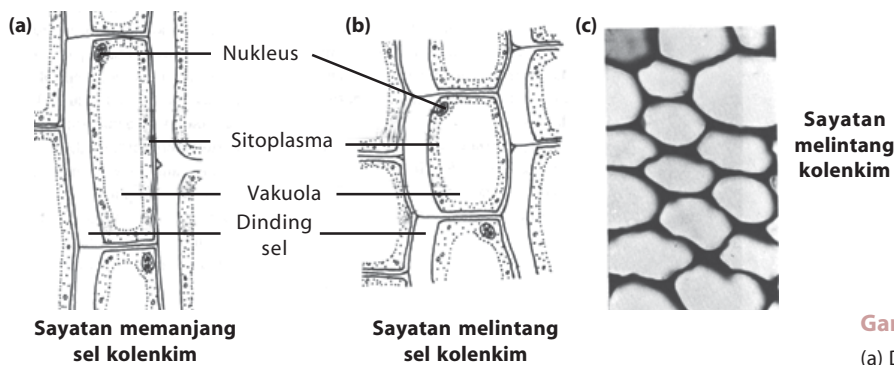
Sumber: Biologi: Sel, Mamalia, dan Tumbuhan Berbunga, 2000

3) Jaringan penguat

Pernahkah Anda perhatikan, mengapa tumbuhan bisa berdiri tegak? Tumbuhan bisa berdiri tegak karena adanya jaringan penguat. Selain itu, jaringan penguat berfungsi menyokong bagian-bagian tumbuhan, misalnya daun dan batang. Jaringan penguat dibedakan menjadi **jaringan kolenkim** dan **jaringan sklerenkim**.

(a) Jaringan kolenkim

Jaringan kolenkim terdiri atas sel-sel yang dinding sel primernya mengalami penebalan. Penebalan ini lebih banyak terjadi di sudut sel. Jaringan kolenkim terletak di sebelah dalam jaringan epidermis. Perhatikan **Gambar 2.6**.



Sumber: Biologi: Sel, Mamalia, dan Tumbuhan Berbunga, 2000

Gambar 2.6

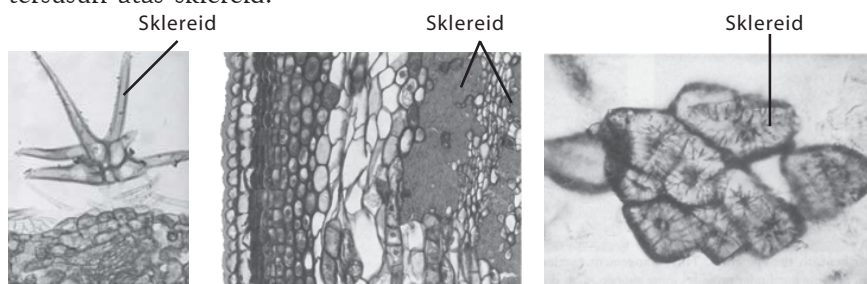
(a) Daun (b) Sayatan sel kolenkim (c) Jaringan kolenkim

Dinding sel-sel kolenkim tersusun atas selulosa dan asam pektat. Jaringan ini biasanya mendukung pertumbuhan akar, daun, tangkai daun, dan batang yang sedang mengalami proses pemanjangan (elongasi). Bentuk sel-sel kolenkim biasanya berbentuk silinder. Bentuk silinder sangat cocok sebagai penguat karena memberikan kekuatan yang lebih dibandingkan sel berbentuk batang.

(b) Jaringan sklerenkim

Sel-sel pada jaringan sklerenkim memiliki sifat kaku dan dinding sel sekunder yang tebal. Dinding sel yang tebal tersebut mengandung lignin. Jaringan sklerenkim terdapat pada organ-organ tumbuhan yang telah dewasa, seperti daun, batang, akar, dan kulit kayu.

Jaringan sklerenkim terdiri atas **sklereid** dan **serabut sklerenkim (fiber)**. Sklereid memiliki bentuk yang bermacam-macam. Bentuk tersebut menunjukkan fungsinya. Misalnya, sklereid yang berbentuk runcing pada daun berfungsi juga dalam pertahanan diri dari kemungkinan dimakan oleh herbivora. Sklereid terdapat di semua bagian tumbuhan, terutama pada kulit kayu, buah, dan biji. Pada tempurung kelapa, hampir seluruhnya tersusun atas sklereid.



Sumber: Botany, 1995

Kata Kunci

- Jaringan kolenkim
- Jaringan parenkim
- Jaringan sklerenkim

Gambar 2.7

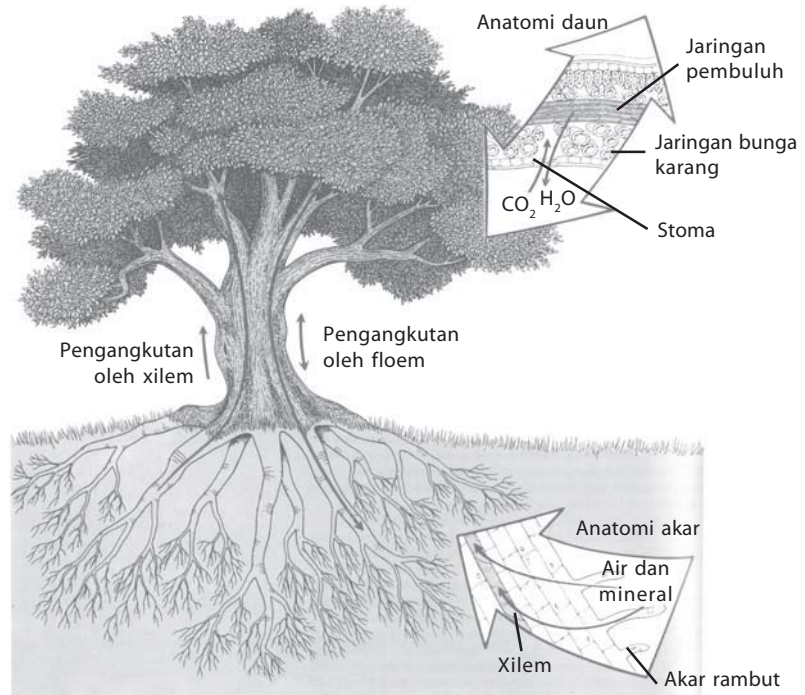
Jaringan sklerenkim terdiri atas (a) sklereid pada daun teratai, (b) serabut sklerenkim, dan (c) sklereid pada tempurung kelapa

Serabut sklerenkim (fiber) memiliki panjang antara 20 mm–250 mm. Serabut tersebut biasanya terdapat dalam bentuk untaian atau anyaman.

Serabut sklerenkim sering dimanfaatkan oleh manusia. Serabut sklerenkim biasanya digunakan sebagai bahan tekstil dan pembuatan tali. Contoh tumbuhan yang memiliki serabut sklerenkim bernilai ekonomis adalah *Agave sisalana*, *Musa textilis*, dan *Sansevieria*.

4) Jaringan pengangkut

Jaringan pengangkut berfungsi untuk mengangkut air, mineral, dan zat-zat makanan hasil fotosintesis. Jaringan pengangkut terdiri atas **xilem** dan **floem**.



Gambar 2.8

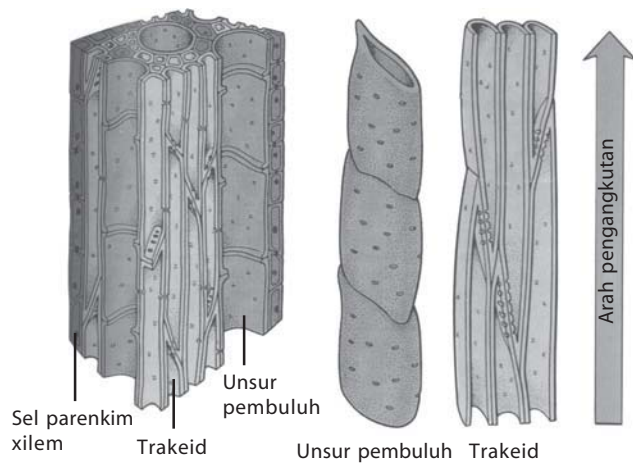
Jalur pengangkutan air, mineral, dan hasil fotosintesis pada tumbuhan

Sumber: Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran, 1995

(a) Xilem

Xilem merupakan jaringan kompleks yang tersusun atas dua tipe sel, yaitu **trakeid** dan **unsur pembuluh (vessel element)**. Keduanya memiliki dinding sel yang mengandung lignin. Trakeid merupakan sel yang panjang dan tipis dengan ujung yang runcing. Unsur pembuluh adalah sel yang lebar dan pendek dengan ujung tidak terlalu runcing.

Trakeid dan unsur pembuluh tersusun saling bertumpuk pada ujungnya membentuk suatu saluran. Saluran tersebut berfungsi mengalirkan air dari akar menuju batang dan daun. Saluran yang dibentuk oleh trakeid dan unsur pembuluh memiliki lubang karena keduanya merupakan sel-sel yang telah mati sehingga hanya tersisa dinding selnya saja. Air akan mengalir melalui lubang-lubang pada trakeid dan unsur pembuluh dan melalui ujung unsur pembuluh yang berlubang.



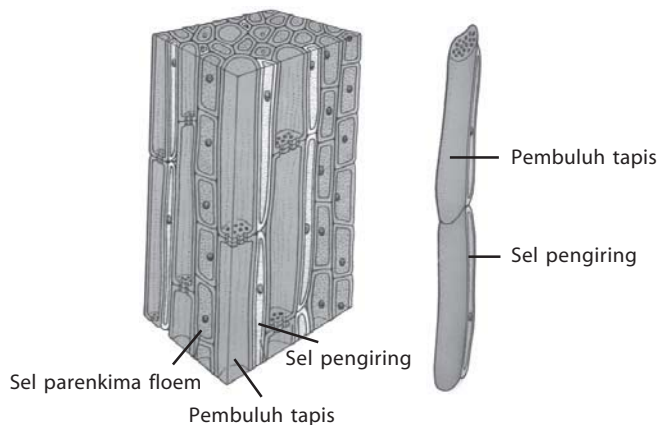
Sumber: Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran, 1995

Gambar 2.9
Struktur xilem

(b) Floem

Floem berfungsi mengangkut zat hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan. Floem tersusun atas **pembuluh tapis**, **sel pengiring**, **serabut floem**, dan **parenkim floem**. Pembuluh tapis tersusun atas sel-sel yang berbentuk tabung dengan ujung berlubang. Sama seperti trakeid, sel-sel pada pembuluh tapis saling berhubungan membentuk saluran tempat pengangkutan zat-zat hasil fotosintesis. Adapun sel pengiring adalah sel-sel berbentuk tabung yang lebih besar daripada sel-sel pada pembuluh tapis. Sel pengiring berfungsi memberi makanan dan mengatur aktivitas pembuluh tapis.

Serabut floem memiliki bentuk yang panjang yang ujung-ujungnya saling berimpit. Serabut floem memiliki dinding yang tebal sebagai penguat jaringan floem. Parenkim floem berfungsi menyimpan zat-zat, seperti tepung, kristal, dan damar.



Sumber: Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran, 1995

Gambar 2.10
Struktur floem

2. Organ pada Tumbuhan

Seperti telah dipelajari pada materi sebelumnya, pada tumbuhan terdapat beberapa jaringan. Jaringan-jaringan tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda. Tingkatan yang lebih tinggi dari jaringan adalah organ. Organ merupakan kumpulan beberapa jaringan yang membentuk suatu fungsi tertentu. Pada tumbuhan, terdapat tiga organ utama, yaitu **akar**, **batang**, dan **daun**. Apakah fungsi dari organ-organ tersebut? Jaringan apakah yang menyusun ketiga jaringan tersebut?

a. Akar

Pada umumnya, akar terletak di bawah permukaan tanah. Fungsi utama akar adalah menyerap air dan mineral dari tanah. Kemudian, air dan mineral tersebut disebarkan ke seluruh tubuh tumbuhan. Pada beberapa jenis tumbuhan, akar dapat berperan untuk menyimpan makanan cadangan.

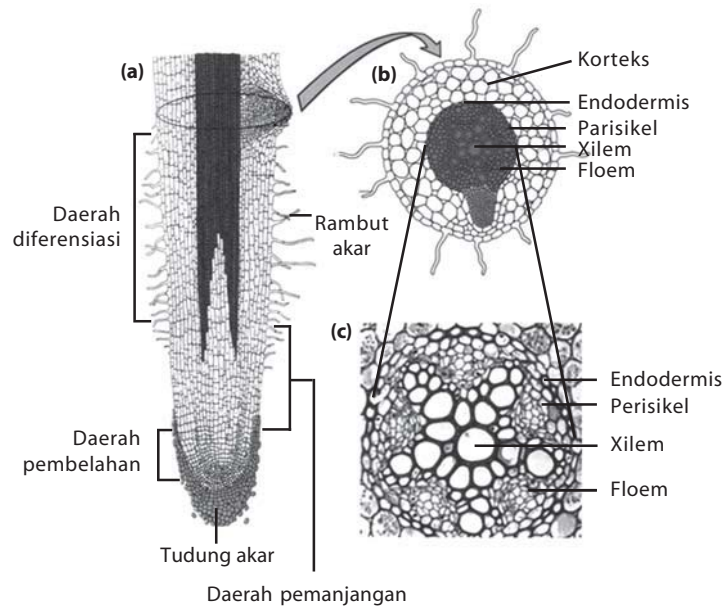
Salah satu ciri yang menarik dari akar tumbuhan adalah akar tersebut akan tumbuh terus. Hal ini disebabkan karena pada akar terdapat meristem apikal yang akan melakukan pembelahan terus-menerus (Mader, 1995: 386). **Gambar 2.11a** menunjukkan potongan membujur dari akar.

Kata Kunci

- Floem
- Xilem

Gambar 2.11

Struktur akar
(a) Potongan membujur akar, (b)
potongan melintang akar, dan (c)
jaringan pengangkut



Sumber: Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran, 1995

Dilihat dari potongan membujur, akar terbagi menjadi empat bagian, yaitu daerah tudung akar, daerah pembelahan, daerah pemanjangan, dan daerah diferensiasi. Daerah tudung akar merupakan pelindung ujung akar. Sel-sel di dalam tudung akar harus diganti jika mengalami kerusakan ketika akar menembus tanah yang kasar.

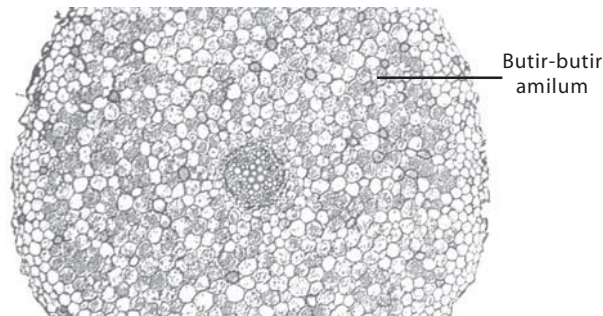
Di atas daerah tudung akar, terdapat daerah pembelahan (meristematis). Daerah ini tersusun atas jaringan meristem. Sesuai dengan namanya, sel-sel di daerah ini aktif melakukan pembelahan untuk memperbanyak sel. Adanya daerah meristematis ini menyebabkan akar bertambah panjang.

Pada daerah pemanjangan (elongasi), sel-sel hasil pembelahan akan mengalami pemanjangan. Sel-sel akan berdiferensiasi membentuk sel-sel khusus, setelah mengalami pemanjangan, seperti sel parenkim atau sel endodermis. Daerah ini biasanya mudah dikenali karena sudah terdapat rambut akar. Rambut akar merupakan modifikasi dari sel epidermis. Apakah fungsi rambut akar?

Jika akar dipotong melintang seperti pada **Gambar 2.11b**, akan tampak jaringan penyusun akar, yaitu epidermis, korteks, endodermis, perisikel, dan jaringan pembuluh. Lapisan terluar akar dilindungi oleh jaringan epidermis. Sebagai jaringan pelindung, epidermis hanya tersusun

atas satu sel. Sebagian besar sel epidermis berdinding tipis dan berbentuk segi empat. Pada daerah diferensiasi, epidermis dapat termodifikasi menjadi rambut akar. Rambut akar mencapai panjang 5-8 mm.

Di bagian dalam dari epidermis terdapat sel-sel parenkim yang besar dan berdinding sel tipis. Sel parenkim ini membentuk korteks akar. Sel-sel parenkim yang terdapat di korteks ini tersusun renggang sehingga terdapat rongga antarsel. Korteks ini berfungsi menyimpan makanan cadangan berupa butir-butir amilum. Perhatikan **Gambar 2.12** berikut.

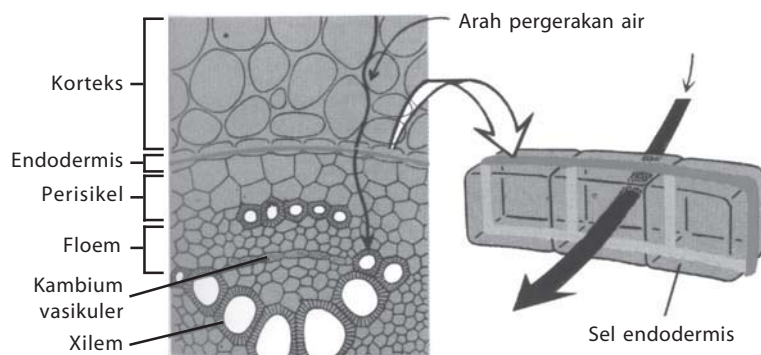


Sumber: *Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran*, 1995

Gambar 2.12

Sel parenkim korteks berfungsi menyimpan butir-butir amilum

Endodermis merupakan selapis sel yang menjadi pembatas antara korteks dan silinder pusat. Endodermis berperan dalam mengatur pemasukan air ke dalam jaringan xilem di silinder pusat. Perhatikan **Gambar 2.13**.



Sumber: *Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran*, 1995

Gambar 2.13

Pergerakan air pada sel endodermis

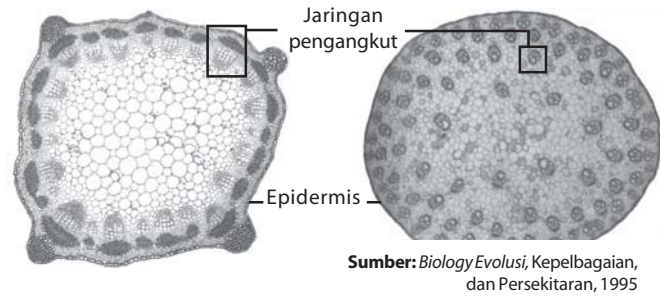
Perisikel terletak tepat di belakang endodermis. Jaringan perisikel berperan dalam pembentukan cabang akar atau cabang batang. Perisikel merupakan lapisan terluar dari silinder pusat. Bagian utama dari silinder pusat adalah berkas pembuluh angkut yang terdiri atas jaringan floem dan xilem. Apakah fungsi floem dan xilem?

b. Batang

Pada umumnya, batang terletak di atas permukaan tanah. Batang berperan dalam menyangga daun dan bunga. Salah satu ciri khas dari batang adalah terdapatnya buku dan ruas. Buku merupakan tempat keluarnya daun atau tunas, sedangkan ruas adalah jarak di antara dua buku. Batang kadang juga berperan untuk menyimpan makanan cadangan.

Hampir mirip dengan akar, potongan melintang batang menunjukkan jaringan epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat. Perhatikan **Gambar 2.14** berikut.

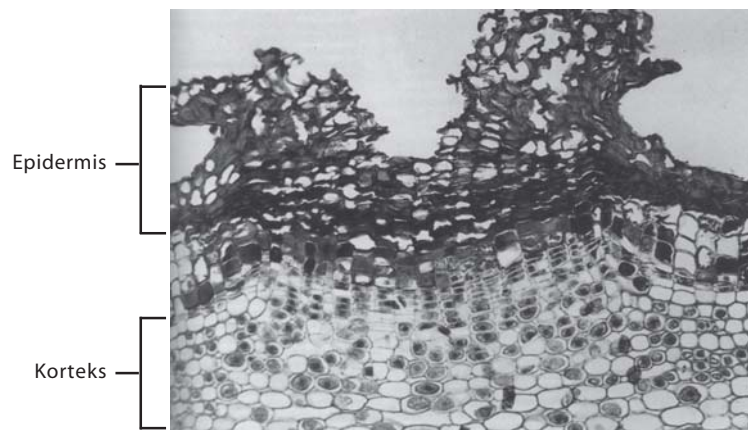
Gambar 2.14
Struktur batang (a) dikotil dan (b) monokotil



Sumber: *Biology Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran*, 1995

Epidermis merupakan jaringan terluar dari batang. Epidermis ini hanya tersusun atas satu lapis sel. Sel epidermis tersusun rapat sehingga tidak tampak ruang antarsel perhatikan **Gambar 2.15**. Jika batang tumbuh membesar, epidermis akan pecah dan terbentuk jaringan gabus. Jaringan gabus ini juga seringkali pecah sehingga terbentuk lentisel.

Gambar 2.15
Epidermis tersusun atas sel-sel yang rapat



Sumber: *Biology Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran*, 1995

Di bawah epidermis terdapat korteks. Jaringan penyusun pada korteks batang adalah parenkim dan kolenkim. Pada beberapa jenis tumbuhan terdapat klorenkim (kolenkim yang memiliki kloroplas) atau sklerenkim. Sel penyusun korteks relatif renggang sehingga terdapat rongga antarsel. Hal ini berguna dalam pertukaran gas.

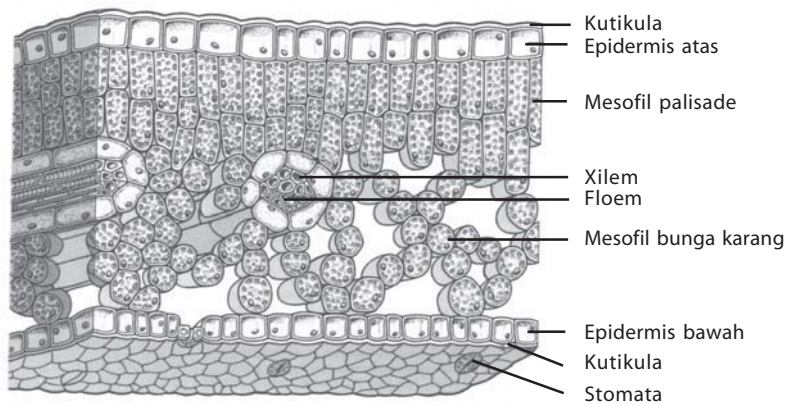
Jaringan berikutnya adalah endodermis. Endodermis merupakan batas antara korteks dan silinder pusat. Di dalam silinder pusat terdapat jaringan perisikel, empulur, dan pembuluh angkut. Perisikel merupakan bagian terluar dari silinder pusat. Apakah fungsi jaringan perisikel?

Empulur merupakan bagian terdalam dari silinder pusat. Empulur tersusun oleh jaringan parenkim. Jaringan pembuluh angkut tersusun atas xilem dan floem.

c. Daun

Daun merupakan organ utama tempat terjadinya fotosintesis. Oleh karena itu, sebagian besar daun berwarna hijau. Pada daun terdapat urat daun yang merupakan berkas jaringan pembuluh angkut.

Gambar 2.20b menunjukkan potongan membujur dari daun. Perhatikan baik-baik jaringan penyusun dari daun tersebut.



Sumber: *Biology Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran*, 1995

Gambar 2.16
Struktur daun

Di bagian atas dan bawah permukaan daun terdapat jaringan epidermis. Epidermis ini tersusun rapat. Mengapa? Pada bagian permukaan daun yang berhubungan dengan lingkungan luar, di atas jaringan epidermis, terdapat lapisan lilin, kutin, atau lignin, disebut kutikula. Lapisan ini akan mencegah penguapan yang berlebihan.

Mesofil terdapat di antara epidermis atas dan epidermis bawah. Mesofil pada dasarnya sama dengan parenkim. Terdapat dua jenis mesofil, yaitu mesofil bunga karang (spons) dan mesofil jaringan tiang (palisade). Apakah perbedaan di antara keduanya? Mesofil memiliki kloroplas yang berperan dalam fotosintesis. Jaringan pembuluh angkut pada daun tersusun atas floem dan xilem. Jaringan pembuluh angkut akan bersatu membentuk urat daun.



Aktivitas Biologi 2.1

Mengamati Struktur Jaringan Tumbuhan

Tujuan

Mengamati struktur jaringan tumbuhan

Alat dan Bahan

1. Mikroskop
2. Kaca objek
3. Kaca penutup
4. Pinset
5. Silet
6. Kertas isap
7. Anilin sulfat 1%
8. Akar dan batang muda tumbuhan monokotil dan dikotil, seperti jagung dan kacang tanah

Langkah Kerja

1. Buatlah sayatan melintang setipis mungkin pada akar dan batang tumbuhan monokotil dan dikotil.
2. Simpanlah sayatan tersebut pada kaca objek yang telah ditetesi anilin sulfat. Amati menggunakan mikroskop.
3. Gambarlah bagian-bagian yang terlihat pada buku latihan Anda dan berilah keterangannya. Untuk mempermudah gunakan buku panduan.

Pertanyaan

1. Jaringan apa saja yang menyusun batang dan akar tumbuhan monokotil dan dikotil?
2. Adakah perbedaan susunan jaringan monokotil dan dikotil? Jika ada, jelaskan.

3. Totipotensi Sel sebagai Dasar Kultur Jaringan

Tuhan memberikan kelebihan pada manusia untuk berkreasi. Dengan pikirannya para pakar dapat menemukan dan memanfaatkan kemampuan totipotensi. Pengetahuan tentang jaringan tumbuhan dapat diaplikasikan untuk memperbanyak tanaman, misalnya melalui setek dan cangkok. Lebih lanjutnya, pengetahuan tentang jaringan tumbuhan ini dapat digunakan untuk memperbanyak tanaman dengan teknik kultur jaringan.

Sejarah perkembangan kultur jaringan dimulai pada 1898, ketika seorang ahli fisiologi Jerman, **G. Heberlant** menyatakan bahwa sel memiliki informasi genetik yang lengkap sehingga sel tersebut mampu tumbuh menjadi individu baru. Kemampuan sel seperti tersebut dinamakan **totipotensi**. Oleh karena itu, totipotensi dapat diartikan sebagai kemampuan satu sel tunggal untuk membelah dan berdiferensiasi menjadi individu baru yang utuh.

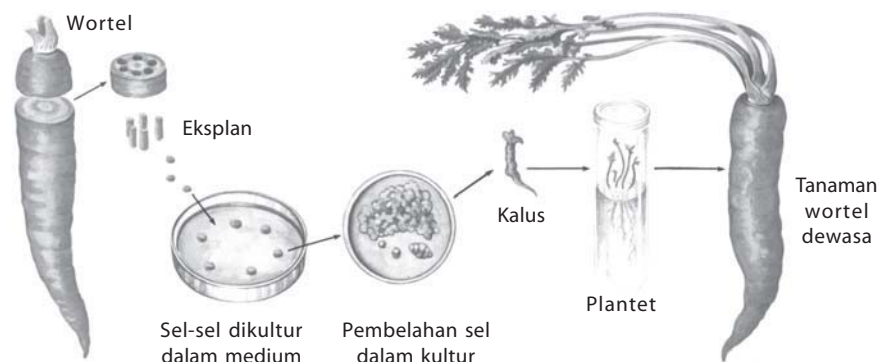
Teori totipotensi dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh **F. C. Steward** pada 1969. Steward mencoba dengan mengambil sel empulur wortel dan menumbuhkannya pada media yang sesuai. Hasilnya, sel-sel dari empulur wortel tersebut dapat tumbuh menjadi tanaman wortel yang utuh.

Sel tumbuhan memiliki sifat totipotensi yang lebih besar daripada hewan. Sel-sel yang berasal dari akar, batang, dan daun dapat dikembangkan menjadi satu individu baru yang utuh. Akan tetapi, hal tersebut tidak berlaku bagi hewan. Sel-sel hewan tidak dapat ditumbuhkan menjadi individu baru. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, para ilmuwan akhirnya mengetahui bahwa jaringan parenkim memiliki sifat totipotensi yang sangat baik.

Kultur jaringan merupakan proses yang sederhana. Pertama-tama, suatu jaringan tumbuhan (**eksplan**) dimasukkan dan dipelihara dalam sebuah medium dengan nutrisi yang sesuai. Kemudian, eksplan tersebut akan tumbuh dan berkembang menjadi **kalus**. Kalus tersebut dipindahkan ke dalam medium diferensiasi yang sesuai. Kalus akan membentuk tumbuhan kecil yang lengkap (**plantlet**).

Kata Kunci

- Kultur Jaringan
- Totipotensi



Gambar 2.17

Percobaan kultur jaringan yang dilakukan oleh F.C Steward

Sumber: *Biology Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran*, 1995

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Bagaimana aktivitas jaringan meristem pada tumbuhan?
2. Tuliskan fungsi jaringan parenkim.
3. Jelaskan perbedaan jaringan kolenkim dan jaringan sklerenkim.
4. Jelaskan jaringan-jaringan penyusun daun.

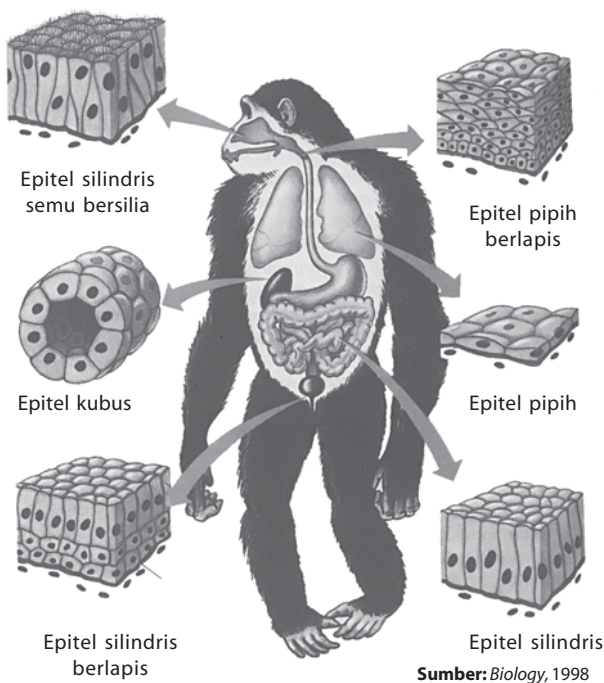
B. Struktur dan Fungsi Jaringan Hewan

Pada subbab sebelumnya, Anda telah mempelajari materi mengenai jaringan tumbuhan. Jaringan tumbuhan memiliki struktur dan fungsi yang bermacam-macam. Pada subbab ini, Anda akan mempelajari jaringan pada hewan. Jaringan pada hewan dapat dikelompokkan menjadi empat golongan, yaitu **jaringan epitel**, **jaringan ikat**, **jaringan saraf**, dan **jaringan otot**.

1. Jaringan Epitel

Jaringan epitel merupakan jaringan yang melapisi seluruh permukaan tubuh. Jaringan epitel membatasi antara organ-organ tubuh dengan rongga tubuh. Sel-sel penyusun jaringan epitel sangat erat satu sama lainnya. Struktur yang sangat erat ini berhubungan dengan fungsi jaringan epitel sebagai alat pertahanan dari benturan atau luka, mikroorganisme, dan hilangnya cairan. Contoh jaringan epitel yaitu pada kulit, saluran pernapasan, pembuluh darah, dan rongga perut.

Terdapat dua pengelompokan jaringan epitel, yaitu berdasarkan jumlah lapisan selnya dan berdasarkan bentuk selnya. Berdasarkan jumlah lapisan selnya, jaringan epitel dibagi menjadi **jaringan epitel selapis** (sederhana) dan **jaringan epitel berlapis**. Adapun berdasarkan bentuk selnya, jaringan epitel dibedakan menjadi **epitel pipih**, **epitel kubus**, dan **epitel silindris**. Perhatikan Gambar 2.18.



Sumber: *Biology*, 1998

Kata Kunci

- Jaringan Epitel

Gambar 2.18

Jaringan epitel pada beberapa organ tubuh hewan

a. Epitel Pipih Selapis

Sesuai dengan namanya, jaringan epitel pipih tersusun atas sel-sel dengan bentuk pipih dan hanya satu lapis. Jaringan ini terdapat pada pembuluh darah, pembuluh limfa, dan alveoli (paru-paru). Jaringan epitel pipih selapis berperan dalam proses difusi oksigen dan karbon dioksida serta filtrasi darah pada ginjal.



Aktivitas Biologi 2.2

Struktur Jaringan Hewan

Tujuan

Mengamati struktur jaringan hewan

Alat dan Bahan

1. Kaca objek
2. Kaca penutup
3. Mikroskop
4. Tusuk gigi
5. Spatula
6. Larutan metilen biru

Langkah Kerja

1. Gosok bagian dalam pipi perlahan-lahan menggunakan tusuk gigi atau spatula.
2. Buat apusan cairan putih hasil gosokan bagian dalam pipi yang telah Anda peroleh di atas kaca objek sehingga membentuk suatu lapisan tipis. Biarkanlah sampai kering.
3. Teteskan sedikit metilen biru di atasnya dan biarkan pewarna ini bereaksi selama tiga atau empat menit. Amati preparat tersebut.
4. Kemudian, larutkan dengan air mengalir. Selanjutnya, tutuplah dengan kaca penutup dan tempatkan di atas meja objek pada mikroskop. Apa yang Anda lihat?
5. Gambarlah hasil pengamatan Anda, kemudian berilah keterangan pada setiap bagiannya.

Pertanyaan

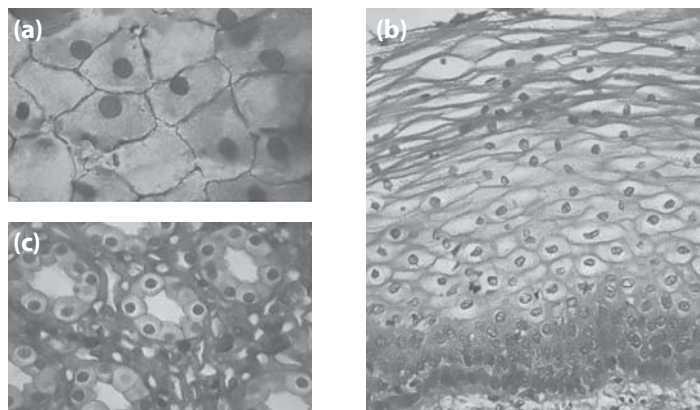
1. Bagaimanakah bentuk sel yang Anda amati?
2. Sel apakah yang Anda amati tersebut?

b. Epitel Pipih Berlapis

Epitel pipih berlapis tersusun atas beberapa lapis sel-sel pipih. Sel-sel epitel pipih memiliki sitoplasma yang jernih dan inti sel berbentuk bulat. Jaringan ini di antaranya terdapat pada rongga mulut, rongga hidung, dan kerongkongan. Sesuai dengan jumlah lapisannya yang banyak, jaringan ini berperan sebagai pelindung, misalnya terhadap gesekan.

c. Epitel Kubus Selapis

Jaringan ini tersusun atas selapis sel-sel berbentuk kubus. Epitel kubus selapis di antaranya terdapat pada saluran kelenjar ludah, kelenjar keringat, dan saluran pada ginjal. Struktur jaringan ini sangat sesuai untuk proses **absorpsi** dan **sekresi**.



Gambar 2.19

- (a) Epitel pipih selapis,
(b) epitel pipih berlapis, dan
(c) epitel kubus selapis

Sumber: *Biological Science*, 1986

d. Epitel Kubus Berlapis

Jaringan ini tersusun atas beberapa lapis sel-sel berbentuk kubus. Epitel kubus berlapis terdapat pada mulut, kerongkongan, dan kelenjar keringat pada kulit. Sesuai dengan strukturnya, jaringan ini berperan sebagai pelindung dari gesekan.

e. Epitel Silindris Selapis

Epitel silindris selapis tersusun atas sel-sel berbentuk silinder. Pada jaringan ini, biasanya terdapat **sel-sel goblet**. Sel goblet berfungsi dalam menghasilkan lendir (*mucus*) yang berperan dalam mempermudah penyerapan makanan (absorpsi). Biasanya, jaringan ini terdapat pada usus halus dan saluran pencernaan lainnya.

f. Epitel Silindris Berlapis

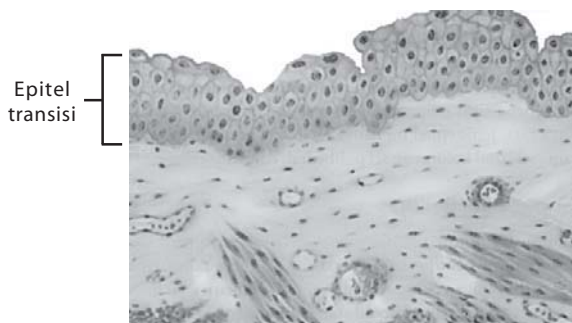
Epitel silindris berlapis tersusun atas lebih dari satu lapis sel-sel berbentuk silinder. Epitel silindris berlapis terdapat pada saluran kelenjar ludah, kelenjar susu, uretra, dan laring. Jaringan ini berperan dalam proses sekresi. Biasanya, jaringan ini berada pada lapisan paling luar.

g. Epitel Silindris Berlapis Semu Bersilia

Epitel silindris berlapis semu bersilia tersusun atas sel-sel yang memiliki inti sel tidak sejajar sehingga seolah-olah epitel tersebut terdiri atas banyak lapisan. Pada jaringan ini terdapat silia yang berfungsi menggerakkan partikel yang berada di atasnya. Misalnya, kotoran atau debu tidak akan masuk ke dalam paru-paru karena digerakkan oleh silia pada sel-sel saluran pernapasan perhatikan **Gambar 2.20**. Jaringan ini terdapat pada saluran pernapasan, rongga hidung, dan saluran telur (tuba Fallopi).

h. Epitel Transisi

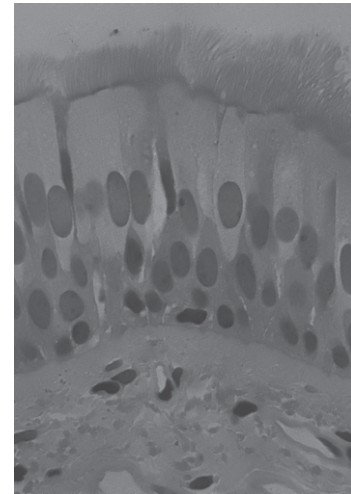
Epitel transisi terdiri atas berlapis-lapis sel. Akan tetapi, sel-sel penyusun jaringan ini selalu berubah bentuknya. Pada keadaan tegang, sel-sel tersebut berbentuk lebih pipih dan panjang. Adapun pada keadaan normal (relaksasi), sel-selnya berbentuk bulat dan besar. Jaringan ini banyak terdapat di kandung kemih, saluran ureter (**Gambar 2.21**), dan ginjal.



Sumber: Atlas Histologi, 2003

i. Epitel Kelenjar

Epitel kelenjar tersusun atas, beberapa jaringan epitel yang memiliki peran dalam penyerapan (absorpsi) dan menyekresikan senyawa kimia. Misalnya, sel-sel epitel yang terdapat pada rongga (lumen) dari rongga pencernaan memiliki kemampuan untuk menyekresikan **mucus**. Mucus tersebut berfungsi menjaga kelembapan permukaan organ pencernaan.



Sumber: Biological Science, 1986

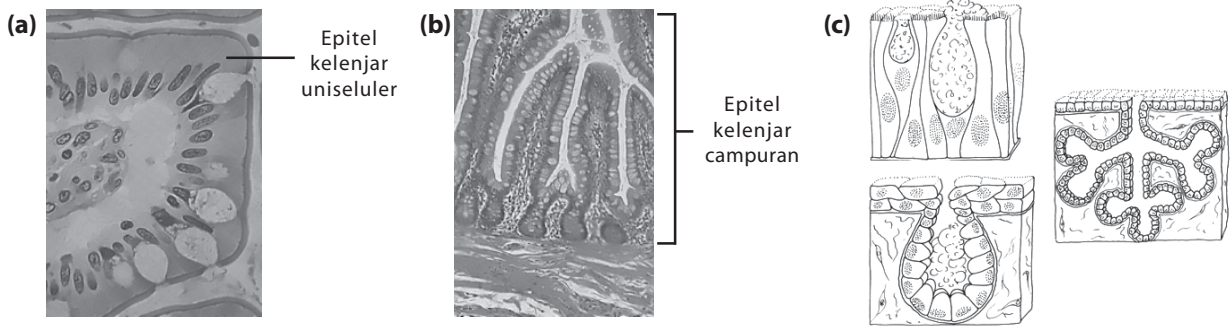
Gambar 2.20

Epitel silindris berlapis semu bersilia pada trakea manusia

Gambar 2.21

Jaringan epitel transisi pada ureter

Terdapat dua jenis kelenjar, yaitu **kelenjar eksokrin** dan **kelenjar endokrin**. Pada kelenjar eksokrin, hasil sekresinya langsung menuju permukaan epitel. Adapun pada kelenjar endokrin, hasil sekresinya akan dialirkan bersama-sama darah. Contoh kelenjar endokrin adalah kelenjar keringat, sedangkan contoh kelenjar endokrin adalah kelenjar pituitari perhatikan **Gambar 2.22**. Menurut bentuknya, epitel kelenjar terbagi menjadi tiga, yaitu epitel kelenjar uniseluler, epitel kelenjar multiseluler, dan epitel kelenjar campuran.



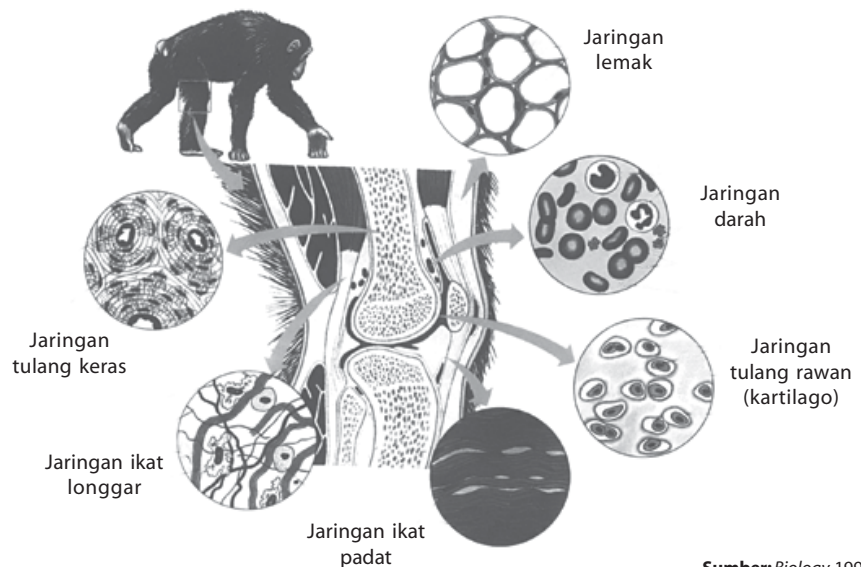
Sumber: *Biological Science*, 1986

Gambar 2.22

- (a) Epitel kelenjar uniseluler pada usus halus
- (b) Epitel kelenjar campuran pada vili usus halus
- (c) Tiga tipe kelenjar

2. Jaringan Ikat

Jaringan ikat berfungsi mengikat dan mendukung jaringan lainnya. Sebaliknya dari jaringan epitel, jaringan ikat memiliki kumpulan sel yang tipis dan renggang. Berdasarkan struktur dan fungsinya, jaringan ikat dibagi menjadi jaringan ikat longgar, jaringan ikat padat, jaringan lemak, jaringan tulang, dan jaringan darah. Perhatikan **Gambar 2.23**.



Gambar 2.23

Beberapa jaringan ikat pada hewan

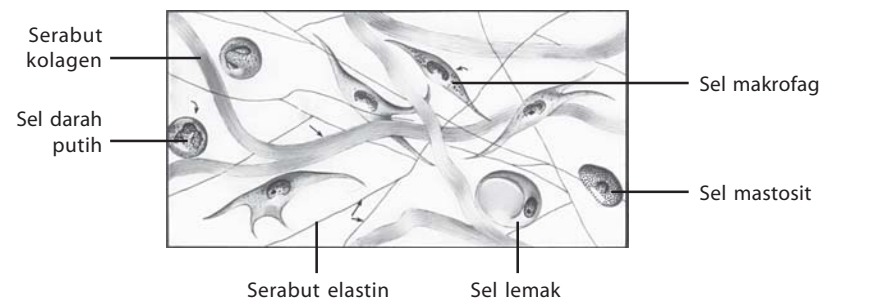
Sumber: *Biology*, 1998

a. Jaringan Ikat Longgar

Jaringan ini tersusun atas serat-serat yang longgar. Jaringan ikat longgar berfungsi memberi bentuk pada organ-organ dalam, serta menyokong dan menghubungkan komponen jaringan lain.

Jaringan ini tersusun atas bermacam-macam **serabut (fiber)** dan **sel-sel**. Terdapat dua macam serabut (fiber) pada jaringan ikat longgar, yaitu **serabut kolagen** dan **serabut elastin**. Adapun sel-sel yang terdapat pada

jaringan ini, antara lain sel mastosit, sel darah putih, makrofag, dan sel lemak. Contoh jaringan ikat padat adalah jaringan di bawah kulit, serta jaringan yang membatasi jantung dan rongga perut. Perhatikan Gambar 2.24.

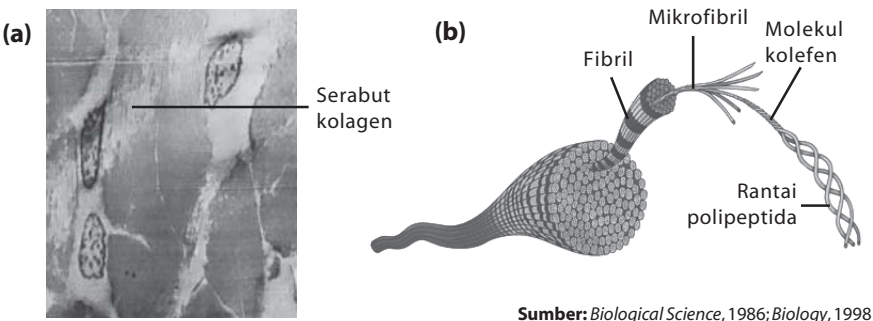


Sumber: *Biological Science*, 1986

Gambar 2.24
Penyusun jaringan ikat longgar

b. Jaringan Ikat Padat

Jaringan ini tersusun atas serat-serat yang padat. Komponen utama jaringan ikat padat adalah serabut kolagen. Serabut kolagen tersebut bergabung membentuk bundel-bundel yang paralel, perhatikan Gambar 2.25. Jaringan ini dapat ditemukan pada tendon yang menghubungkan otot dengan tulang, serta ligamen yang menghubungkan antartulang melalui sendi.

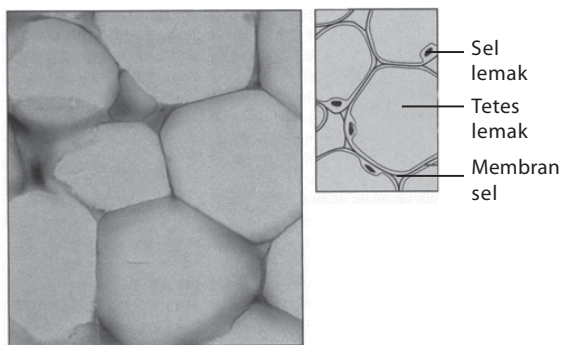


Sumber: *Biological Science*, 1986; *Biology*, 1998

Gambar 2.25
(a) Jaringan ikat padat dan
(b) struktur serabut kolagen

c. Jaringan Lemak

Jaringan lemak memiliki susunan menyerupai jaringan ikat longgar yang tersusun atas sel-sel lemak. Sel-sel lemak yang mengandung lemak tersebut di dalam matriks jaringan lemak. Setiap sel lemak berisi tetes lemak (*fat droplet*) yang mengisi hampir seluruh isi sel. Jaringan lemak dapat ditemukan di bawah kulit, ginjal, dan jantung. Fungsi jaringan lemak, antara lain sebagai cadangan makanan dan menjaga hilangnya panas secara berlebihan.



Sumber: *Biology: The Unity and Diversity of Life*, 1995

Gambar 2.26
Jaringan lemak

d. Jaringan Tulang

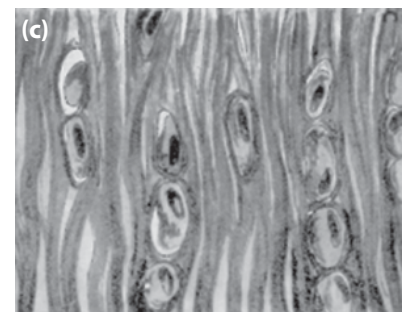
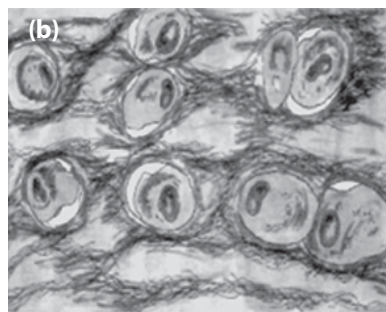
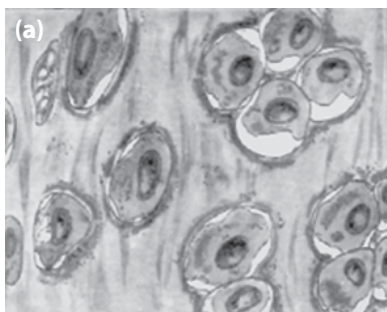
Jaringan tulang tersusun atas sel-sel yang terkumpul dalam matriks. Jaringan tulang dibagi menjadi dua, yaitu **jaringan tulang rawan** dan **jaringan tulang keras**.

1) Jaringan tulang rawan

Jaringan tulang rawan (kartilago) tersusun atas sel-sel yang disebut **kondrosit**. Sel-sel kondrosit berada di dalam **lakuna**. Matriks pada jaringan tulang rawan tersusun atas serabut kolagen dan serabut elastin.

Terdapat tiga jenis tulang rawan, yaitu **tulang rawan hialin**, **tulang rawan elastin**, dan **tulang rawan serabut (fibrosa)**. Tulang rawan hialin merupakan bentuk sel tulang rawan yang matriksnya tidak mengandung serabut. Contoh tulang rawan hialin terletak pada cuping hidung.

Tulang rawan elastin merupakan tulang rawan yang matriksnya tersusun atas serabut elastin. Contoh tulang rawan ini terdapat pada daun telinga dan laring. Adapun tulang rawan fibrosa merupakan tulang rawan yang matriksnya memiliki serabut kolagen yang padat sehingga tulang rawan ini tampak kaku dan liat. Contoh tulang rawan fibrosa adalah pada tulang sambungan antarruas tulang belakang. Perhatikan **Gambar 2.27**. Dapatkah Anda memberikan contoh letak tulang rawan yang lainnya pada tubuh Anda?



Gambar 2.27

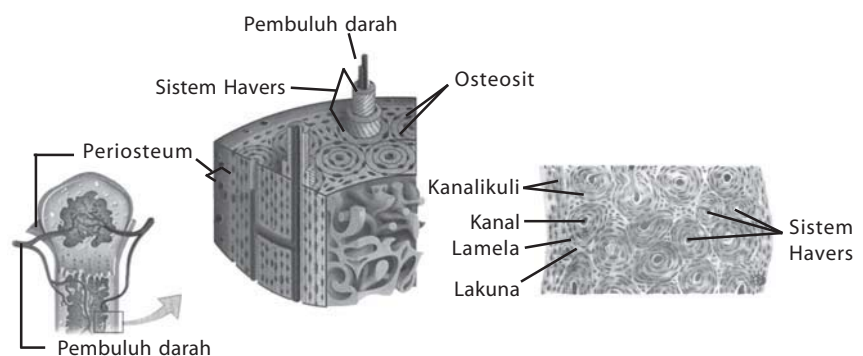
(a) Tulang rawan hialin, (b) tulang rawan elastin, dan (c) tulang rawan fibrosa

Sumber: Buku Ajar Histologi, 1990

2) Jaringan tulang keras

Jaringan ini tersusun atas sel-sel **osteoblast**. Sel-sel osteoblast terletak di dalam lakuna. Sel-sel osteoblast yang terjebak dalam sekretnya sendiri disebut **osteosit**. Antara osteosit yang satu dengan yang lain dihubungkan oleh **kanalikuli**.

Jaringan tulang keras ini tersusun atas unit-unit yang dinamakan **sistem Harvers**. Di dalam setiap sistem Harvers terdapat pembuluh darah sebagai penyuplai zat makanan bagi tulang, perhatikan **Gambar 2.28**.



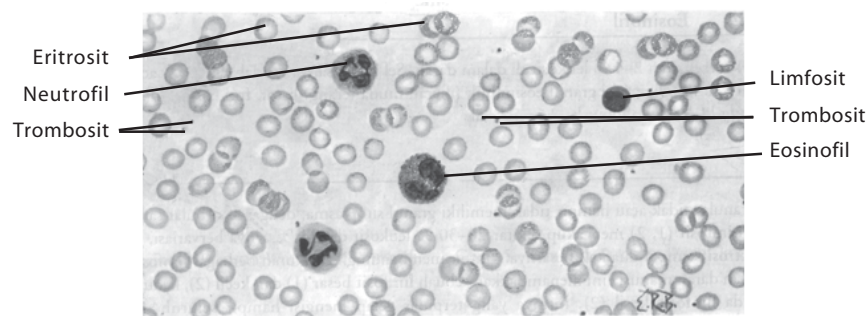
Gambar 2.28

Struktur tulang keras

Sumber: Atlas Histologi, 2003

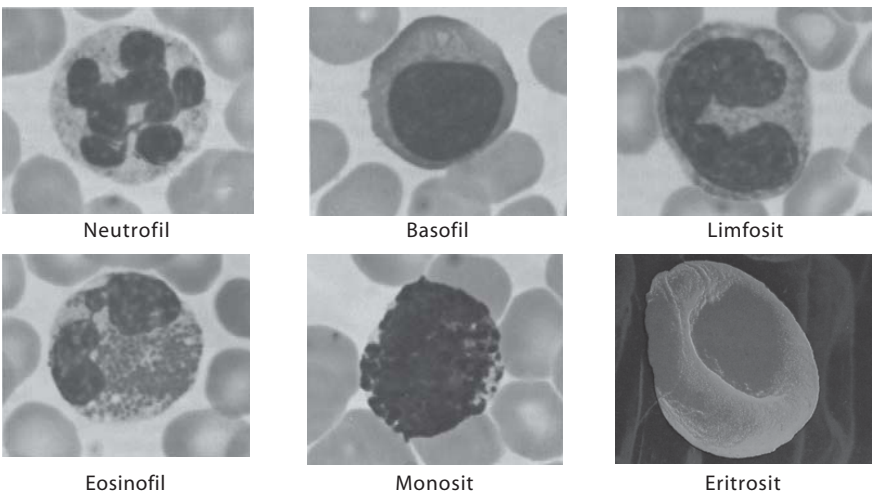
e. Jaringan Darah

Meskipun memiliki fungsi yang berbeda, darah masuk ke dalam pengelompokan jaringan ikat karena memiliki matriks ekstraselular. Matriks pada darah tersusun atas **plasma darah** dan **sel-sel darah**. Plasma darah tersusun atas air, garam, dan berbagai protein. Di dalam plasma darah terletak sel-sel darah yang terdiri atas **sel darah merah (eritrosit)** dan **sel darah putih (leukosit)**. Selain itu, di dalam plasma darah terdapat **keping darah (trombosit)**.



Sumber: Atlas Histologi, 2003

Eritrosit tidak memiliki inti sel. Fungsi utama eritrosit adalah mengikat dan mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Trombosit berperan dalam proses pembekuan darah. Eritrosit dan trombosit melakukan fungsi utamanya di dalam pembuluh darah. Sebaliknya, leukosit melakukan fungsi utamanya di luar pembuluh darah. Leukosit berperan dalam sistem pertahanan tubuh.



Sumber: Biology: Exploring Life, 1994

Fakta Biologi

Pada umumnya, delapan persen dari total berat tubuh manusia adalah darah.

Sumber: Science Library: Human Body, 2004

Gambar 2.29
Struktur jaringan darah

Gambar 2.30
Beberapa sel darah penyusun jaringan darah

3. Jaringan Saraf

Jaringan saraf tersusun atas unit fungsional yang disebut **sel saraf (neuron)**. Sel saraf terdiri atas badan sel, akson, dan dendrit. Badan sel saraf berfungsi memelihara semua bagian sel saraf. Akson berfungsi menghantarkan rangsang (impuls) dari badan sel ke neuron lain. Adapun dendrit berfungsi menghantarkan rangsang menuju badan sel. Secara keseluruhan, jaringan saraf berfungsi menghantarkan rangsang (impuls) dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh lainnya.



Fakta Biologi

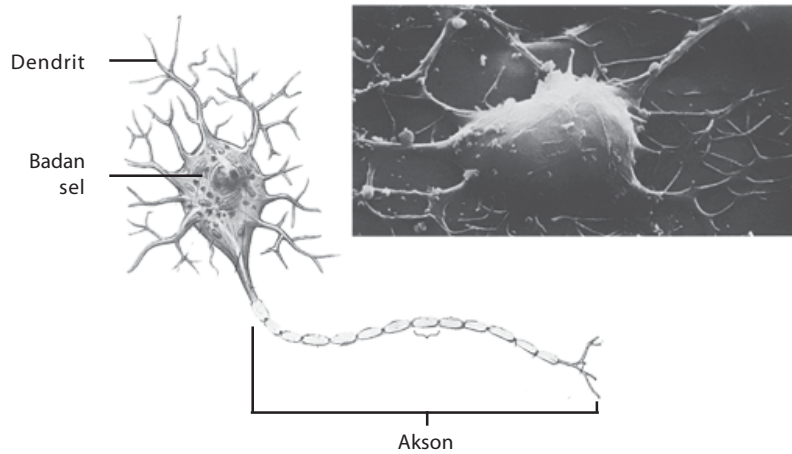
Serabut saraf yang berbeda-beda akan menyampaikan impuls dengan kecepatan yang berbeda-beda pula. Impuls tercepat disampaikan dengan kecepatan lebih dari 120 meter per detik.

Sumber: Science Library:
Human Body, 2004



Gambar 2.31

Struktur sel saraf (neuron)

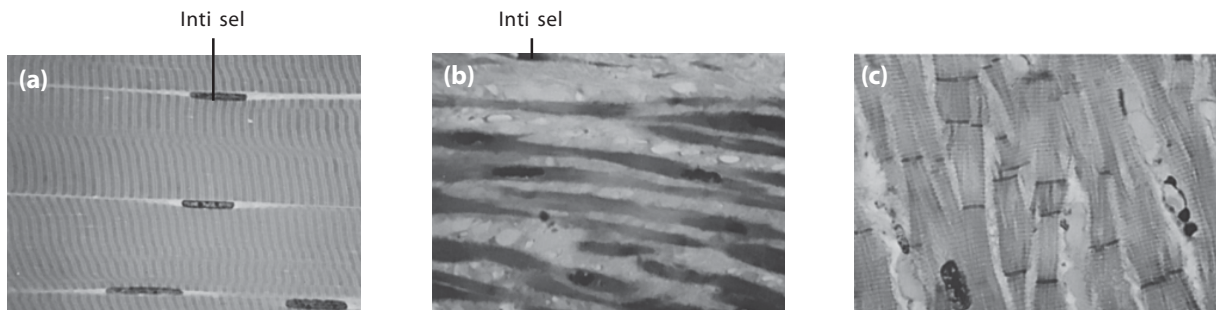


Sumber: Biology, 1998

4. Jaringan Otot

Jaringan otot tersusun atas sel-sel otot yang memiliki kemampuan untuk berkontraksi (memendek) dan berelaksasi (memanjang). Kemampuan tersebut sesuai dengan fungsinya sebagai **alat gerak aktif**. Bersama dengan tulang, otot akan membentuk **gerak**. Terdapat tiga jenis jaringan otot, yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung. Perhatikan Gambar 2.32.

Otot polos tersusun atas sel-sel otot yang polos dengan bentuk lancip dan memanjang. Inti sel otot terletak di tengah. Otot polos berkontraksi dengan lambat, namun dapat bekerja dalam jangka waktu lama. Kerja otot polos ini tidak kita sadari. Sifat seperti ini disebut **gerak otonom (involunter)**. Otot polos terdapat pada saluran pencernaan, kantung kemih, pembuluh darah, dan saluran pernapasan.



Gambar 2.32

(a) Otot lurik, (b) otot polos, dan (c) otot jantung

Sumber: Biology: The Unity and Diversity of Life, 1995

Otot lurik tersusun atas sel-sel berbentuk silinder yang sangat panjang. Otot lurik memiliki inti di bagian tepi sel. Otot lurik disebut juga dengan **otot rangka** karena melekat di bagian rangka. Kemampuan otot lurik menyebabkan tulang yang dilekatinya dapat berubah posisi (bergerak). Gerak otot rangka merupakan gerakan dengan kesadaran kita sehingga disebut **gerak volunter**.

Otot jantung merupakan sel-sel penyusun organ jantung. Sel-selnya berbentuk silinder bercabang dengan sebuah inti di tengahnya. Percabangan pada otot jantung disebut **sinsitium**. Gerak otot jantung di bawah kesadaran (involunter) dikendalikan oleh sistem saraf otonom.

Tugas Anda 2.1

Anda telah mempelajari struktur dan fungsi jaringan hewan. Setiap jaringan memiliki fungsi yang berbeda-beda. Buatlah tabel untuk membandingkan jaringan-jaringan yang telah dijelaskan sebelumnya, mencakup nama jaringan, ciri khas jaringan, lokasi jaringan, dan fungsi jaringan.

Tes Kompetensi Subbab B

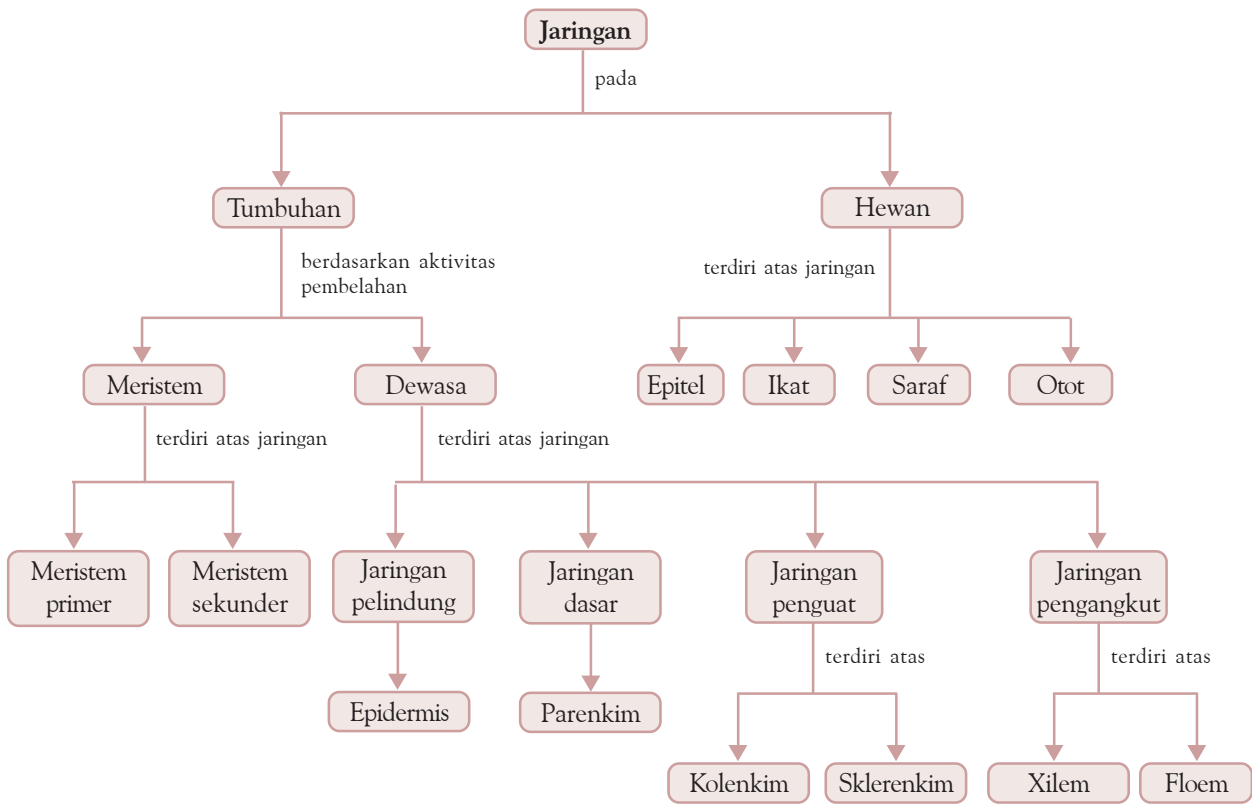
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Apakah fungsi jaringan epitel?
2. Otot merupakan alat gerak aktif. Tuliskan fungsi spesifik dari otot polos, otot rangka, dan otot jantung.
3. Jelaskan bagian-bagian dari neuron.
4. Tuliskan macam-macam jaringan penunjang.

Rangkuman

1. Pada organisme tingkat tinggi, tubuh tersusun atas jutaan sel. Kumpulan sel-sel yang memiliki struktur dan fungsi sama akan membentuk jaringan.
2. Berdasarkan aktivitas pembelahan sel-selnya, jaringan tumbuhan dibedakan menjadi jaringan meristem dan jaringan dewasa. Jaringan meristem adalah jaringan yang sel-selnya selalu aktif membelah. Adapun jaringan dewasa adalah jaringan yang berasal dari pembelahan dan diferensiasi jaringan meristem.
3. Jaringan dewasa dibagi menjadi jaringan pelindung, jaringan dasar, jaringan penguat, dan jaringan pengangkut. Jaringan pelindung berfungsi melindungi bagian dalam tumbuhan. Jaringan dasar berfungsi menyimpan makanan cadangan dan tempat fotosintesis. Jaringan penguat berfungsi menyokong bagian-bagian tumbuhan. Jaringan pengangkut berfungsi mengangkut air, mineral, dan hasil fotosintesis.
4. Sel-sel tumbuhan memiliki kemampuan untuk tumbuh menjadi individu baru. Sifat ini disebut dengan totipotensi. Sifat totipotensi ini dapat digunakan untuk memperbanyak tanaman melalui teknik kultur jaringan.
5. Jaringan hewan dikelompokkan menjadi empat, yaitu jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan saraf, dan jaringan otot.
6. Jaringan epitel adalah jaringan yang melapisi seluruh permukaan tubuh. Berdasarkan jumlah selnya, jaringan epitel dibagi menjadi jaringan epitel selapis dan jaringan epitel berlapis. Contoh jaringan epitel terdapat pada alveoli.
7. Jaringan ikat berfungsi mengikat dan mendukung jaringan lainnya. Contoh jaringan ikat terdapat pada tendon, ginjal, dan jantung. Berdasarkan struktur dan fungsinya, jaringan ikat dibagi menjadi jaringan ikat longgar, jaringan ikat padat, jaringan lemak, jaringan tulang, dan jaringan darah.
8. Jaringan saraf tersusun atas unit fungsional yang disebut sel saraf (neuron). Jaringan ini berfungsi menghantarkan rangsang.
9. Jaringan otot berfungsi sebagai otot gerak pasif. Jaringan otot terbagi menjadi otot polos, otot lurik, dan otot jantung.

Peta Konsep



Refleksi

Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi **Organisasi Tingkat Jaringan** ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda peroleh setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda dapat memelihara tanaman di rumah dengan baik. Anda pun dapat memahami jaringan penyusun tubuh Anda. Adakah manfaat lainnya Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini?

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu memahami keterkaitan antara struktur dan fungsi jaringan tumbuhan dan hewan. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.

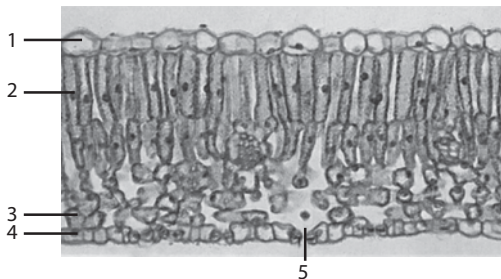


Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

1. Jaringan yang sel-selnya selalu aktif membelah adalah
 - a. jaringan dewasa
 - b. jaringan pelindung
 - c. jaringan meristem
 - d. jaringan dasar
 - e. jaringan penguat
2. Jaringan yang tersusun atas sel-sel yang rapat serta berfungsi melindungi bagian dalam tumbuhan adalah
 - a. jaringan epidermis
 - b. jaringan penguat
 - c. jaringan dasar
 - d. jaringan meristem
 - e. jaringan pengangkut
3. Stomata berfungsi sebagai
 - a. tempat mengurangi penguapan
 - b. tempat penyerapan air
 - c. tempat meneruskan rangsang
 - d. tempat cadangan air
 - e. tempat pertukaran gas
4. Fungsi utama jaringan parenkim adalah
 - a. penyangkang tubuh
 - b. tempat berlangsungnya fotosintesis
 - c. tempat transportasi
 - d. perlindungan
 - e. pengangkutan

Untuk soal nomor 5–7, perhatikan gambar berikut.



5. Jaringan tiang ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
6. Jaringan bunga karang ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5

7. Tempat terjadinya pertukaran gas ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
8. Perbedaan utama antara sel kolenkim dan sel sklerenkim adalah
 - a. ketebalan dindingnya
 - b. kelenturannya
 - c. penyusun dinding selnya
 - d. ukurannya
 - e. letaknya
9. Berikut ini yang merupakan komponen xilem adalah
 - a. trakea, serabut xilem, dan sel pengiring
 - b. trakea, trakeid, serabut xilem, dan parenkim xilem
 - c. trakea, trakeid, sel tapis, dan sel pengiring
 - d. serabut xilem, parenkim xilem, dan sel tapis
 - e. serabut xilem, sel pengiring, sel tapis, dan parenkim xilem
10. Jaringan yang berfungsi mengangkut zat hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan adalah
 - a. trakea
 - b. xilem
 - c. floem
 - d. stomata
 - e. trikoma
11. Sifat totipotensi dari sel tumbuhan yang sangat baik, dapat digunakan dalam teknik
 - a. fotosintesis
 - b. transplantasi
 - c. kultur air
 - d. kloning
 - e. kultur jaringan
12. Jaringan epitel tersusun atas lapisan sel yang memiliki fungsi berkaitan dengan
 - a. transportasi dan sekresi
 - b. ekskresi dan proteksi
 - c. absorpsi dan transportasi
 - d. ekskresi dan sirkulasi
 - e. proteksi dan sirkulasi
13. Jaringan dewasa berikut yang sel-sel penyusunnya masih hidup dan memiliki organel sel lengkap adalah
 - a. floem
 - b. xilem
 - c. meristem

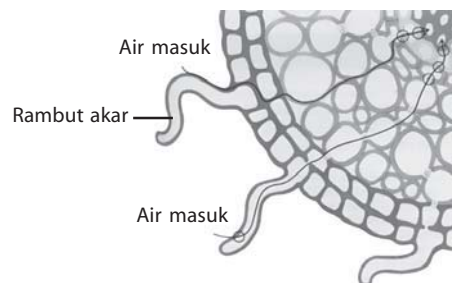
- d. parenkim
 - e. kolenkim
14. Jaringan yang melapisi pembuluh darah dan alveoli paru-paru adalah jaringan epitel
 - a. kubus berlapis
 - b. pipih selapis
 - c. pipih berlapis
 - d. kubus selapis
 - e. silindris
 15. Jaringan yang berfungsi sebagai makanan cadangan serta menjaga hilangnya panas secara berlebihan adalah
 - a. jaringan lemak
 - b. jaringan ikat
 - c. jaringan tulang
 - d. jaringan darah
 - e. jaringan saraf
 16. Jaringan yang memiliki kemampuan untuk berkontraksi adalah
 - a. jaringan lemak
 - b. jaringan saraf
 - c. jaringan otot
 - d. tulang keras
 - e. tulang rawan
 17. Eritrosit pada jaringan darah memiliki fungsi
 - a. mengangkut oksigen ke seluruh tubuh
 - b. mempertahankan tubuh dari penyakit
 - c. menyuplai makanan bagi tulang
 - d. sebagai makanan cadangan
 - e. menyampaikan impuls
 18. Jaringan yang berfungsi mengantarkan rangsang (impuls) adalah
 - a. jaringan lemak
 - b. jaringan saraf
 - c. jaringan otot
 - d. jaringan tulang
 - e. jaringan ikat
 19. Berikut ciri-ciri otot.
 1. berinti satu
 2. melekat pada tulang
 3. terdapat keping interkolon
 4. letak inti dipinggir
 5. involunter
 Pernyataan yang merupakan ciri-ciri otot lurik adalah
 - a. 1, 2, dan 3
 - b. 1, 2, dan 4
 - c. 2, 3, dan 4
 - d. 2, 4, dan 5
 - e. 3, 4, dan 5
 20. Otot jantung bergerak secara involunter, artinya
 - a. bergerak tanpa disadari
 - b. bergerak dengan kesadaran
 - c. bergerak secara konstan
 - d. bergerak tidak beraturan
 - e. bergerak teratur

B. Soal Uraian

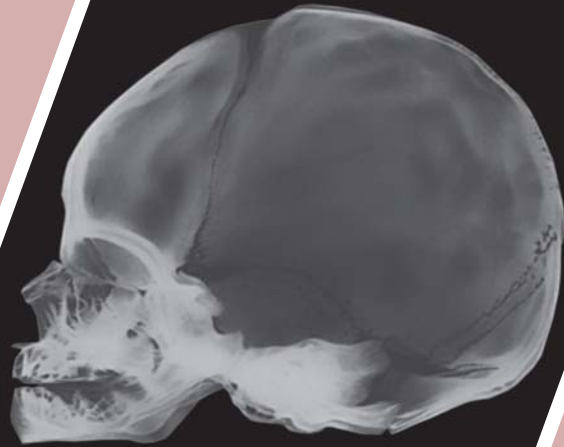
1. Sebutkan ciri-ciri jaringan dewasa.
2. Gambarlah penampang membujur dari akar, kemudian berilah keterangan dengan lengkap dan benar.
3. Apakah yang dimaksud dengan totipotensi?
4. Apa yang dimaksud dengan epitel transisi? Mengapa dinamakan demikian?
5. Jelaskan mengenai jaringan darah dan komponen penyusunnya.

C. Soal Tantangan

1. Pada saat mengupas mangga, tanpa sengaja jari Anda terluka. Jaringan apa saja yang mungkin terkoyak oleh pisau tersebut?
2. Air masuk ke dalam tubuh tumbuhan melalui akar. Seperti Anda ketahui, akar tersusun atas beberapa jaringan. Bagaimanakah air dapat melalui jaringan yang terdapat di akar? Perhatikan gambar berikut.



Bab 3



Sumber: *Human Body*, 2002

Tulang-tulang penyusun tengkorak pada bayi yang baru lahir.

Sistem Gerak pada Manusia

Hasil yang harus Anda capai:

menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan/penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem gerak pada manusia.

Pada bab sebelumnya, Anda telah mempelajari materi mengenai jaringan. Salah satu jaringan penyusun tubuh manusia adalah jaringan tulang. Jaringan tulang tersusun atas sel-sel tulang (osteon). Sel-sel tulang tersebut berkumpul di dalam matriks. Berdasarkan jaringan penyusunnya, tulang dibedakan menjadi tulang rawan (kartilago) dan tulang keras.

Selama hidupnya, manusia selalu melakukan gerak. Gerakan tersebut dilakukan bahkan dalam keadaan tidak sadar. Misalnya, ketika tidur di dalam tubuh tetap terjadi gerakan. Sistem gerak pada manusia didukung oleh dua komponen utama, yaitu tulang dan otot.

Pada bab ini, Anda akan mempelajari sistem gerak pada manusia. Apa sajakah jenis-jenis tulang dan otot pada manusia? Apakah keduanya bekerja sendiri-sendiri atau bersamaan? Bagaimana mekanisme kerja otot? Semua pertanyaan tersebut dapat Anda jawab setelah mempelajari materi pada bab ini. Oleh karena itu, pelajasilah materi pada bab ini dengan saksama.

A. Tulang dan Rangka B. Otot

Tes Kompetensi Awal

1. Menurut Anda, apakah fungsi tulang bagi tubuh?
2. Pada bab sebelumnya Anda telah mempelajari materi tentang jaringan. Bagaimana struktur jaringan pada tulang?
3. Tuliskan tiga jenis otot yang terdapat di dalam tubuh Anda.

A. Tulang dan Rangka



Sekilas Biologi

**Claudius Galen
(129–199 SM)**



Galen adalah seorang ahli anatomi Romawi. Ia meneliti struktur dan fungsi tubuh manusia. Ajarannya diterapkan selama berabad-abad.

Sumber: Concise Encyclopedia Nature, 1994

Kata Kunci

- Alat gerak aktif
- Alat gerak pasif

Seperti telah disebutkan sebelumnya, manusia selalu melakukan gerak. Ketika berjalan, berlari, menulis, bahkan ketika tidur, Anda melakukan gerakan. Gerak dapat diartikan sebagai tanggapan atau reaksi tubuh terhadap rangsangan baik dari dalam maupun dari luar tubuh. Gerak dapat berupa gerakan sebagian anggota tubuh maupun seluruh tubuh.

Gerak merupakan suatu hasil kerja dua komponen, yaitu **tulang** dan **otot**. Tulang disebut sebagai **alat gerak pasif** dan otot disebut **alat gerak aktif**. Tulang merupakan alat gerak pasif karena tulang tidak bisa bergerak sendiri, namun harus digerakkan oleh otot. Otot yang berkontraksi menyebabkan tulang bergerak.

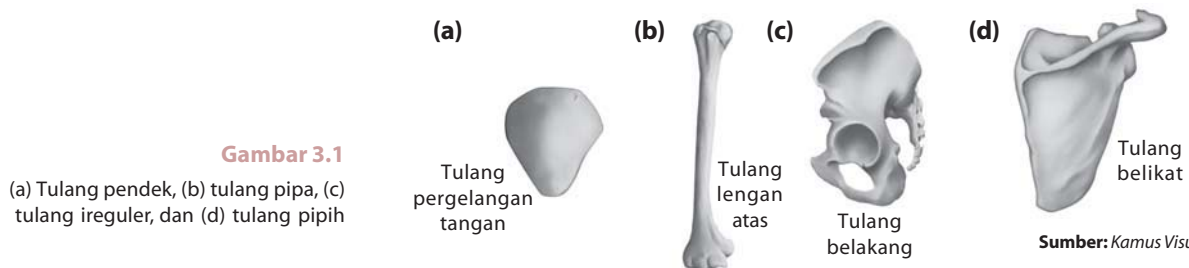
1. Fungsi Tulang

Tuhan memberi tulang dalam tubuh manusia dengan bentuk yang berbeda-beda. Bentuk-bentuk tulang tersebut akan sesuai dengan fungsinya. Berikut adalah beberapa fungsi tulang pada manusia.

- a. Penunjang dan pemberi bentuk tubuh
- b. Pelindung alat-alat vital tubuh
- c. Penyusun rangka tubuh
- d. Tempat melekatnya otot
- e. Tempat pembentukan sel-sel darah
- f. Tempat penyimpanan mineral (kalsium dan fosfor)

2. Jenis-Jenis Tulang

Tulang penyusun tubuh manusia memiliki jenis yang sangat beragam, baik itu bentuk, struktur, maupun fungsinya. Berdasarkan jaringan penyusunnya, tulang dibedakan menjadi **tulang rawan (kartilago)** dan **tulang keras**. Tulang rawan bersifat lentur dan hanya terdapat pada beberapa tempat, seperti cuping hidung dan cuping telinga. Adapun tulang keras bersifat keras dan berfungsi sebagai penyusun sistem rangka tubuh. Pada bab sebelumnya, telah dibahas mengenai tulang rawan dan tulang keras. Berdasarkan bentuk dan ukurannya, tulang dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu **tulang pendek**, **tulang pipa (panjang)**, **tulang pipih**, dan **tulang ireguler**. Perhatikan Gambar 3.1.



Gambar 3.1

(a) Tulang pendek, (b) tulang pipa, (c) tulang ireguler, dan (d) tulang pipih

Sumber: Kamus Visual, 2004

Tulang pipa (panjang) memiliki bentuk seperti tabung yang berongga. Selain itu, pada ujung-ujung tulang pipa terdapat perluasan bentuk sebagai fungsi untuk berhubungan dengan tulang lain. Tulang pipa dapat ditemukan di tulang betis, tulang hasta, tulang kering, dan tulang pengumpil.

Tulang pendek memiliki bentuk seperti kubus. Tulang ini hanya ditemukan di pangkal kaki, pangkal lengan, dan ruas-ruas tulang belakang.

Sesuai dengan namanya, tulang pipih memiliki bentuk pipih atau lempengan. Tulang pipih berfungsi sebagai penyusun dinding rongga atau sebagai pelindung. Contoh tulang pipih adalah tulang rusuk, tulang belikat, dan tulang tengkorak.

Adapun tulang ireguler merupakan tulang yang memiliki bentuk tidak beraturan. Tulang ireguler dapat ditemukan pada tulang-tulang muka dan tulang belakang.

3. Pembentukan Tulang

Manusia memiliki rangka tubuh ketika dalam tahap perkembangan embrio. Rangka tubuh dalam masa embrio masih berupa tulang rawan (kartilago). Kartilago dibentuk oleh **sel-sel mesenkim**. Di dalam kartilago tersebut akan diisi oleh **osteoblas**. Osteoblas merupakan sel-sel pembentuk tulang keras. Osteoblas akan mengisi jaringan sekelilingnya dan membentuk osteosit (sel-sel tulang).

Sel-sel tulang dibentuk secara konsentris (dari arah dalam ke luar). Setiap sel-sel tulang akan mengelilingi pembuluh darah dan serabut saraf, membentuk **sistem Havers**. Selain itu, di sekeliling sel-sel tulang ini terbentuk senyawa protein pembentuk matriks tulang. Matriks tulang akan mengeras karena adanya garam kapur (CaCO_3) dan garam fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$).

Di dalam tulang terdapat **sel-sel osteoklas**. Sel-sel ini berfungsi menyerap kembali sel tulang yang sudah rusak dan dihancurkan. Adanya aktivitas sel osteoklas, tulang akan berongga. Rongga ini kelak akan berisi sumsum tulang. Osteoklas membentuk rongga sedangkan osteoblas terus membentuk osteosit baru ke arah permukaan luar. Dengan demikian, tulang akan bertambah besar dan berongga.

Proses pembentukan tulang keras disebut **osifikasi**. Proses ini dibedakan menjadi dua, yaitu **osifikasi intramembranosa** dan **osifikasi intrakartilagenosa**. Osifikasi intramembranosa disebut juga penulangan langsung (osifikasi primer). Proses ini terjadi pada tulang pipih, misalnya tulang tengkorak. Penulangan ini terjadi secara langsung dan tidak akan terulang lagi untuk selamanya. Contoh osifikasi intrakartilagenosa adalah pembentukan tulang pipa. Osifikasi ini menyebabkan tulang bertambah panjang. Perhatikan **Gambar 3.2**.

4. Sistem Rangka Manusia

Rangka tubuh manusia tersusun atas 206 tulang. Tulang-tulang tersebut memiliki struktur dan fungsi yang berbeda-beda. Secara garis besar, rangka tubuh manusia dibagi menjadi dua kelompok, yaitu **rangka aksial** dan **rangka apendikular**. Perhatikan **Gambar 3.3**.



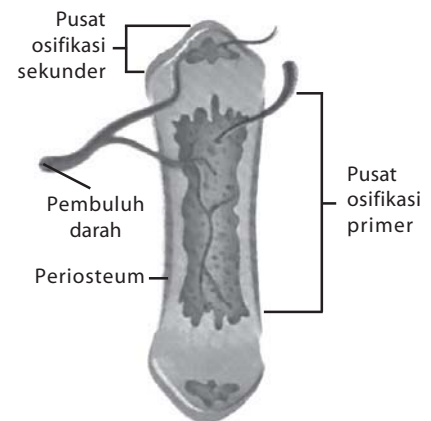
Fakta Biologi

Tulang terpanjang pada tubuh manusia adalah tulang paha (femur). Tulang femur memiliki panjang sekitar seperempat dari tinggi tubuh.

Sumber: Science Library: Human Body, 2004

Kata Kunci

- Osifikasi
- Osteoblas
- Sel osteoklas
- Sistem Havers



Sumber: Atlas Histologi, 2003

Gambar 3.2

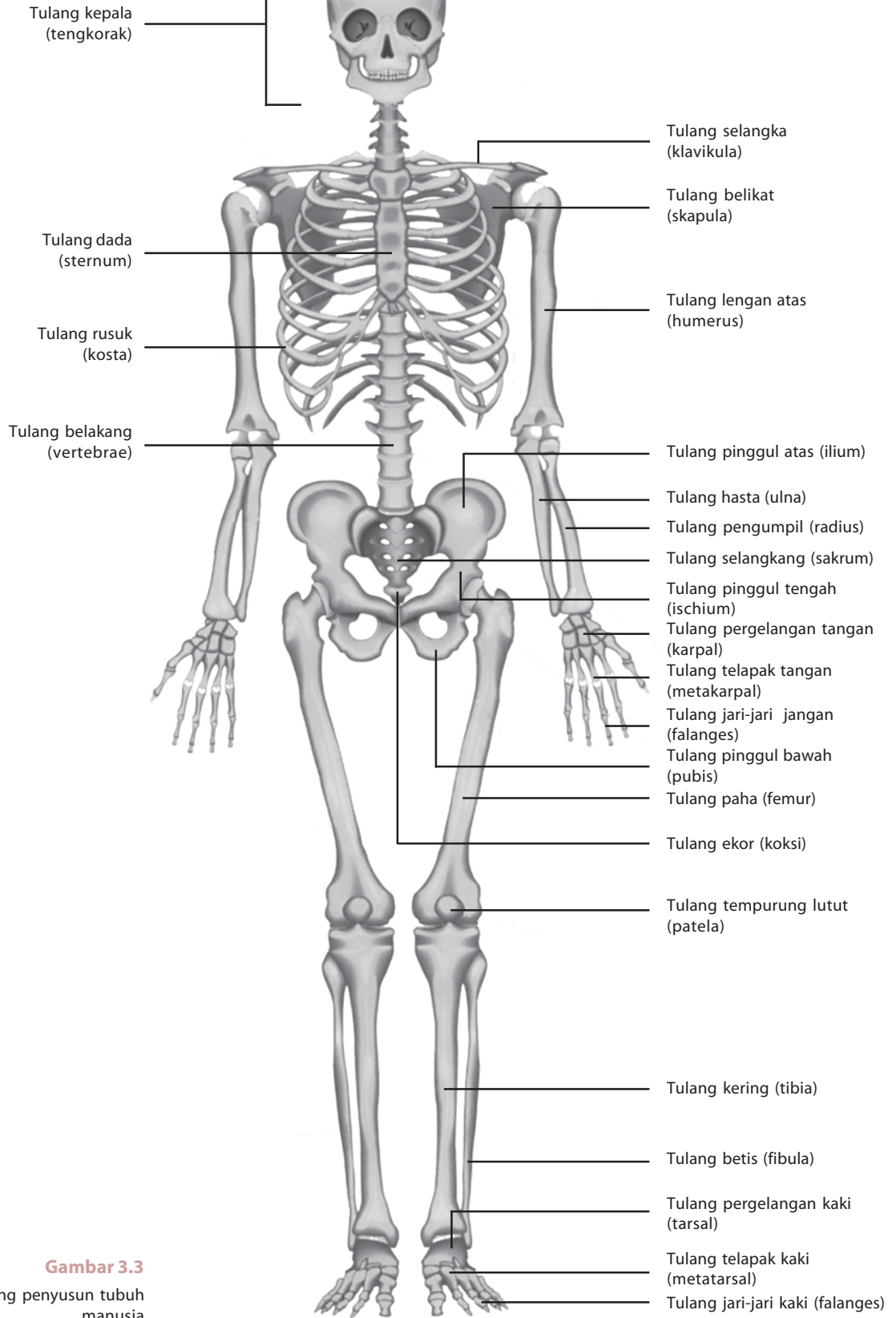
Proses pembentukan tulang

Logika Biologi

Tulang tersusun atas sel-sel hidup. Apakah tulang mengalami pertumbuhan? Tunjukkan buktinya.

Rangka Aksial

Rangka Apendikular



Gambar 3.3

Tulang-tulang penyusun tubuh manusia

Sumber: Kamus Visual, 2004

a. Rangka Aksial

Rangka aksial disebut juga rangka poros atau sumbu tubuh. Disebut demikian, karena hampir semua tulang anggota rangka aksial berada di garis sumbu tubuh. Rangka aksial tersusun atas tulang kepala (tengkorak), tulang belakang (vertebrae), tulang dada, dan tulang rusuk (sternum dan kosta). Perhatikan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tulang-Tulang Penyusun Rangka Aksial

Kelompok Tulang	Nama Tulang Penyusun	Jumlah
1. Tengkorak terdiri dari: a. Kranium (tempurung kepala)	Dahi (frontal)	1
	Ubun-ubun (parietal)	2
	Pelipis (temporal)	2
	Kepala belakang (oksipital) Tulang	1
	baji (stenoid)	1
	Tapis (etmoid)	1
b. Wajah	Rahang bawah (mandibula)	1
	Hidung (nasal)	2
	Lakrimal	2
	Vomer	1
	Konka inferior	2
	Pipi (zigomatik)	2
	Rahang atas (maksilia)	2
c. Telinga	Martil (maleus)	2
	Paron (inkus)	2
	Stapes	2
2. Tulang belakang (vertebrae)	Servik (leher)	7
	Toraks (punggung)	12
	Lumbar (pinggang)	5
	Koksigea (tulang ekor,	
	4 ruas berfusi menjadi 1)	1
3. Tulang dada (sternum)	Manubrium (hulu)	1
	Gladiolus (badan)	1
	Xifoid (taju pedang)	1
4. Rusuk (kosta)	Rusuk sejati	7 pasang
	Rusuk palsu	3 pasang
	Rusuk melayang	2 pasang

Kata Kunci

- Rangka aksial
- Rangka apendikular

b. Rangka Apendikular

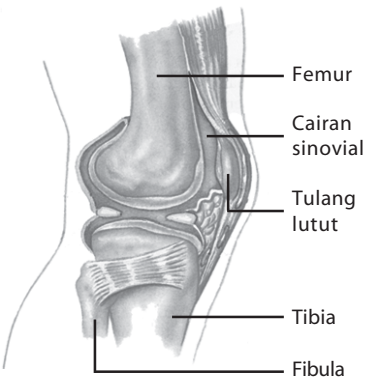
Rangka apendikular disebut juga sebagai rangka tambahan. Secara umum, rangka apendikular adalah tulang-tulang penyusun alat gerak, yaitu tangan dan kaki. Rangka apendikular tersusun atas tulang anggota gerak (tungkai), gelang bahu, dan gelang panggul. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Tulang-Tulang Peyusun Rangka Apendikular

Bagian Tulang	Tulang Penyusun	Jumlah
1. Tungkai		
a. Tungkai atas	Lengan atas (humerus) Pengumpil (radius) Hasta (ulna) Pergelangan tangan (karpal) Telapak tangan (metakarpal) Jari-jari tangan (falanges)	2 2 2 16 10 28
b. Tungkai bawah	Paha (femur) Tempurung kaki (patela) Kering (tibia) Betis (fibula) Pergelangan kaki (tarsal) Telapak kaki (metatarsal) Jari-jari kaki (falanges)	2 2 2 2 14 10 28
2. Gelang bahu	Tulang selangka (klavikula) Tulang belikat (skapula)	2 2
3. Gelang panggul	Ilium Ischium Pubis	1 1 1

5. Hubungan Antartulang

Hubungan antar tulang disebut juga persendian (sendi). Persendian adalah tempat antara tulang-tulang atau antara tulang dan tulang rawan. Untuk memungkinkan adanya pergerakan, diperlukan adanya sendi. Sendi dibentuk pada kartilago di daerah sendi. Pada persendian terdapat cairan pelumas yang disebut **cairan sinovial**. Tulang-tulang disatukan dengan jaringan ikat yang lentur dengan adanya sendi, sehingga terbentuklah rangka dan gerakan-gerakan tulang. Secara fungsional, persendian dibagi menjadi tiga, yaitu **sinartrosis**, **amfiartrosis**, dan **diartrosis**. Perhatikan **Gambar 3.4**.



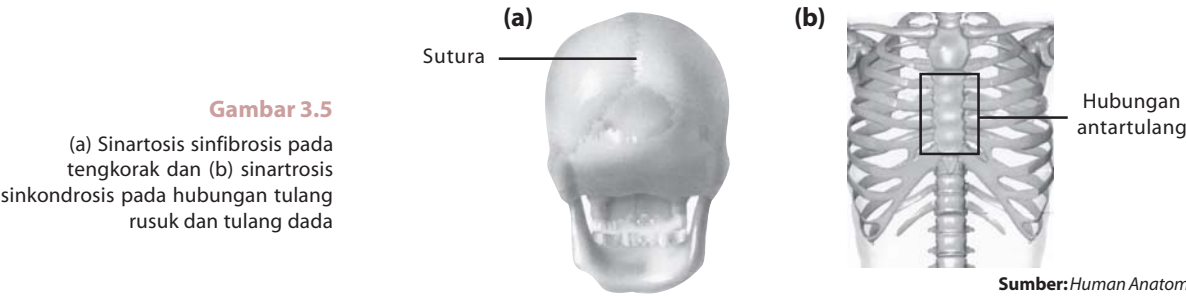
Sumber: *Biology*, 1999

Gambar 3.4
Struktur persendian

a. Sinartrosis

Persendian sinartrosis sama sekali tidak dapat digerakkan. Hal ini disebabkan tidak adanya celah sendi. Berdasarkan jaringan yang menghubungkannya, sinartrosis dibedakan menjadi **sinartrosis sinfibrosis** dan **sinartrosis sinkondrosis**.

Sinartosis sinfibrosis dihubungkan oleh jaringan ikat fibrosa. Persendian ini terdapat pada tulang tengkorak. Lekukan pada tulang tengkorak disebut **sutura**. Adapun sinartosis sinkondrosis dihubungkan oleh tulang rawan, misalnya hubungan tulang rusuk dan tulang dada. Perhatikan **Gambar 3.5**.



Sumber: *Human Anatomy*, 1996

b. Amfiartrosis

Amfiartrosis merupakan persendian dengan gerakan terbatas. Amfiartrosis dibagi menjadi dua, yaitu **simfisis** dan **sinde smosis**, perhatikan **Gambar 3.6**. Simfisis merupakan persendian yang dihubungkan oleh jaringan tulang rawan yang tipis. Contoh simfisis adalah sendi antartulang belakang dan pada tulang kemaluan. Adapun sinde smosis merupakan persendian yang dihubungkan oleh banyak jaringan ikat. Contoh sinde smosis adalah sendi antara tibia dan fibula.

c. Diartrosis

Diartrosis merupakan persendian dengan gerakan paling bebas atau leluasa. Pada diartrosis terdapat cairan sinovial. Berdasarkan tulang pembentuk sendi dan gerakannya, diartrosis dikelompokkan menjadi sendi peluru, sendi engsel, sendi putar, dan sendi pelana.

1) Sendi peluru

Sendi peluru merupakan sendi yang dapat digerakkan ke atas, ke bawah, dan ke samping. Pergerakan yang bebas ini dikarenakan bentuk ujung tulang berupa bongkol dan mangkuk. Contoh sendi peluru adalah pada gelang bahu.

2) Sendi engsel

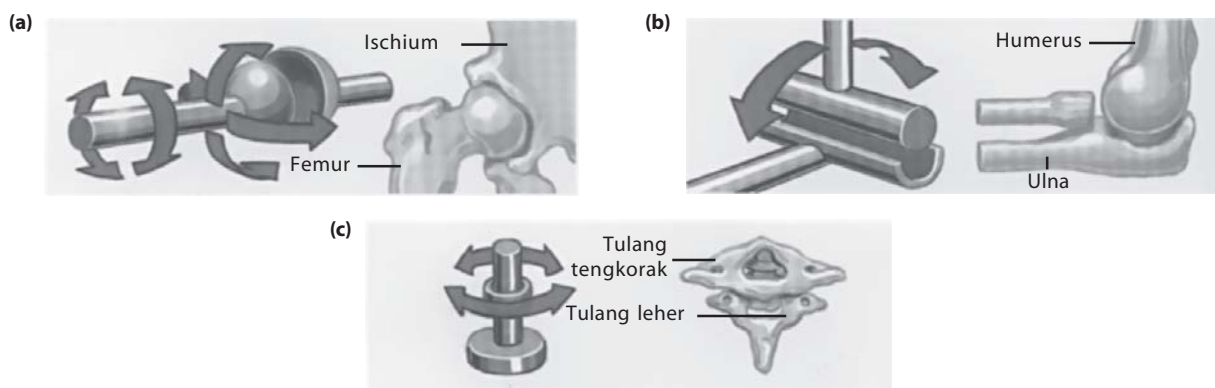
Pergerakan pada sendi engsel hanya satu arah. Contoh sendi engsel adalah siku dan lutut. Dapatkah Anda memberikan contoh sendi engsel yang lainnya?

3) Sendi putar

Gerakan pada sendi putar berupa gerakan rotasi dengan satu poros. Contoh sendi putar adalah gerakan memutar kepala (tulang leher dan tulang tengkorak) dan antara tulang hasta dan tulang pengumpil.

4) Sendi pelana

Pada sendi pelana, kedua ujung tulang membentuk sendi menyerupai pelana. Contoh sendi pelana adalah gerakan ibu jari dan hubungan tulang belakang dengan tulang rusuk.



Sumber: Young Scientist: The Human Machine, 1994

6. Kelainan dan Gangguan pada Tulang

Tulang dapat mengalami kelainan dan gangguan. Kelainan dan gangguan dapat disebabkan oleh aktivitas, infeksi kuman, kekurangan vitamin, maupun kecelakaan.



Sumber: Jendela Iptek: Tubuh Manusia, 1997

Gambar 3.6

Amfiartrosis pada tulang belakang

Logika Biologi

Sendi yang menghubungkan antartulang belakang merupakan sendi amfiartrosis. Sendi ini hanya memungkinkan sedikit gerakan. Namun pada kenyataannya, badan kita dapat digerakan cukup leluasa. Mengapa hal ini dapat terjadi?

Kata Kunci

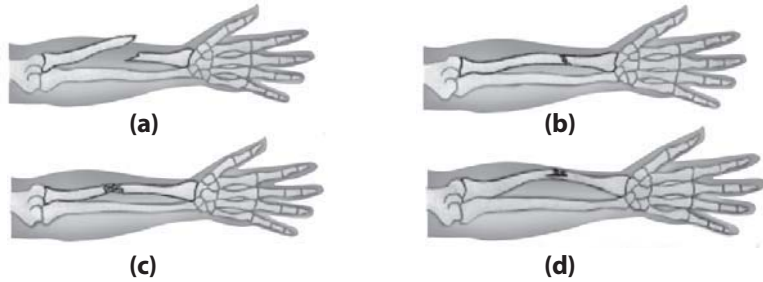
- Amfiartrosis
- Diartrosis
- Sinartrosis

Gambar 3.7

Jenis persendian diartrosis pada manusia, yaitu (a) sendi peluru, (b) sendi engsel, dan (c) sendi putar.

a. Fraktura

Fraktura merupakan patahnya tulang. Fraktura dibedakan menjadi empat, yaitu fraktura tertutup, fraktura terbuka, fisura (retak), dan remuk.



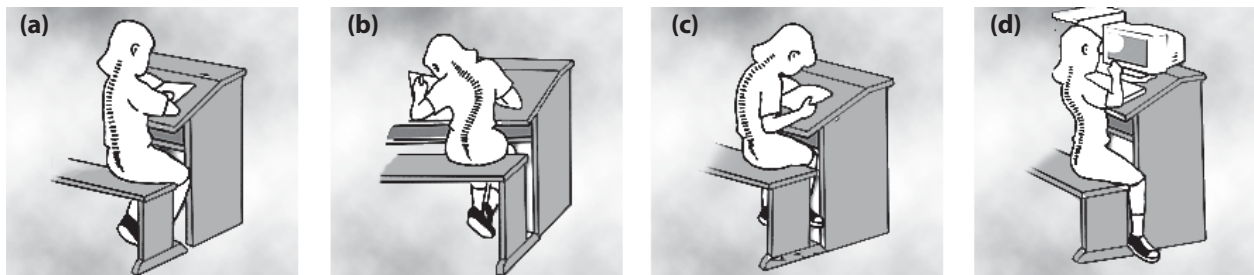
Gambar 3.8

Beberapa jenis fraktura, yaitu (a) fraktura terbuka, (b) fraktura tertutup, (c) remuk, dan (d) retak

Sumber: *Human Body*, 2002

b. Gangguan pada Tulang Belakang

Tulang belakang dapat mengalami berbagai gangguan. Pada umumnya, gangguan tersebut disebabkan oleh sikap tubuh yang salah. Gangguan tersebut adalah **skoliosis**, **kifosis**, dan **lordosis**. Perhatikan **Gambar 3.9**. Skoliosis merupakan kelainan berupa melengkungnya tulang belakang ke arah samping. Kifosis adalah jika tulang belakang terlalu membungkuk. Kifosis dapat terjadi karena kebiasaan menulis yang terlalu membungkuk. Adapun lordosis terjadi jika lengkung lumbar melekok ke dalam.



Gambar 3.9

Tulang belakang (a) normal, (b) skoliosis, (c) kifosis, (d) lordosis

c. Gangguan Persendian

Persendian dapat mengalami gangguan, seperti artritis, dislokasi, dan ankilosis.

1) Artritis

Artritis adalah peradangan sendi dengan ciri-ciri bengkak, dan gangguan fungsi sendi tersebut. Artritis dibedakan menjadi **artritis gout**, **osteoartritis**, dan **artritis eskudatif**. Artritis gout terjadi karena kegagalan metabolisme asam urat. Osteoartritis disebabkan menipisnya tulang rawan pelindung sendi. Adapun artritis eskudatif disebabkan terisnya rongga sendi oleh getah radang.

2) Dislokasi

Dislokasi terjadi jika sendi terlepas dari tempatnya dan disertai sobeknya ligamen. Dislokasi dapat pula berupa pergeseran sendi.

3) Ankilosis

Gangguan ini menyebabkan sendi tidak dapat digerakkan, disebabkan karena tulang rahang melebur dengan tulang tengkorak.

d. Rheumatism (*Rheumatic*)

Rheumatism merupakan gangguan berupa segala rasa sakit pada semua alat gerak, seperti tulang, otot, ligamen, dan sendi.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan fungsi tulang.
2. Tuliskan bagian-bagian dari tulang belakang manusia.
3. Apakah perbedaan amfiartrosis dan diartrosis?
4. Tuliskan beberapa gangguan pada ruas-ruas tulang belakang.

B. Otot

Pernahkah Anda melihat seorang atlet binaragawan? Jika Anda perhatikan, atlet binaragawan memiliki otot-otot yang besar. Apakah otot besar memiliki kekuatan besar pula?

Otot merupakan alat gerak aktif karena kontraksinya dapat menggerakkan tulang sehingga muncul gerak. Otot akan memendek apabila berkontraksi dan akan memanjang apabila berelaksasi.

1. Jenis-Jenis Otot

Pada bab sebelumnya, telah dipelajari mengenai jenis-jenis otot secara ringkas. Pada subbab ini, Anda akan mempelajari jenis-jenis otot secara lebih mendalam. Berdasarkan struktur dan fungsinya, otot dibedakan menjadi **otot lurik**, **otot polos**, dan **otot jantung**.

a. Otot Lurik

Otot lurik disebut juga otot rangka karena otot ini melekat pada rangka. Gerak atau aktivitas otot lurik dipengaruhi oleh saraf sadar. Artinya, otot ini akan bergerak jika ada perintah dari otak. Gerak tersebut disebut gerak volunter. Otot ini berperan dalam banyak gerak tubuh yang dikehendaki.

Sel-sel otot lurik berbentuk silinder yang sangat panjang. Otot lurik memiliki inti di bagian tepi sel. Sekumpulan otot, misalnya otot biceps, ujung-ujungnya berupa tendon untuk melekat pada tulang. Keseluruhan kumpulan otot dibungkus oleh seludang jaringan ikat yang disebut **fasia superfasialis**.

Kumpulan otot ini terdiri atas kumpulan yang lebih kecil lagi yang diseludangi oleh **fasia propia**. Kumpulan kecil terdiri atas serabut-serabut otot. Serabut otot secara fungsional merupakan satu sel otot. Jadi, boleh dikatakan satu serabut otot sama dengan satu sel otot saja.

Satu sel otot dibungkus oleh membran sel (**sarkolema**). Sel otot terdiri atas miofibril-miofibril. Setiap miofibril terdiri atas dua macam miofilamen, yaitu filamen tipis dan filamen tebal. **Filamen tipis** terdiri atas 3 macam molekul protein, yaitu **aktin**, **troponin**, dan **tropomiosin**. Adapun **filamen tebal** terdiri dari satu macam filamen protein, yaitu **miosin**.

Filamen tipis dan filamen tebal membentuk satu kesatuan disebut **sarkomer**. Kedua macam filamen ini bergabung secara berselang-seling dan tumpang tindih (*overlap*) dengan posisi filamen tipis lebih ke pinggir dan filamen tebal di tengah-tengah. Apabila otot dilihat dengan mikroskop berkekuatan tinggi, posisi tersebut memberi kesan gelap terang atau berlurik-lurik.

Sarkomer yang satu bergabung dengan sarkomer sebelahnya pada bagian filamen tipis. Daerah ini disebut **garis Z**. Garis Z dengan filamen tipis yang memberi kesan terang disebut **pita I**.



Fakta Biologi

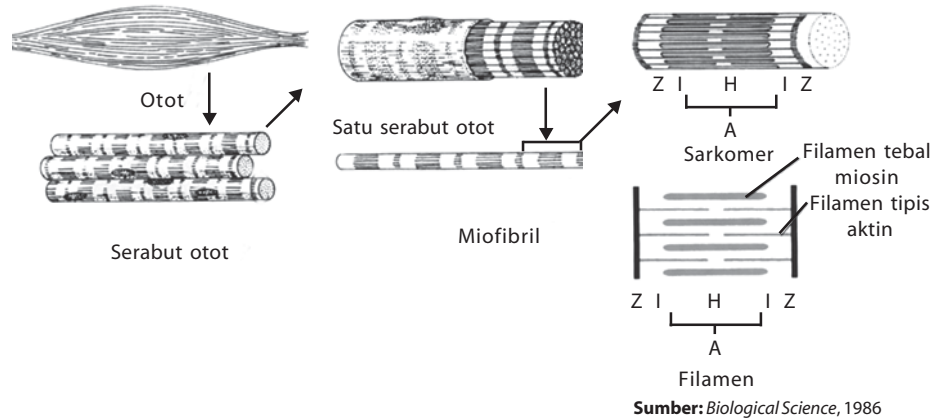
Otot menyusun sekitar 45 persen berat tubuh pria dan 40 persen berat tubuh wanita.

Sumber: Science Library:
Human Body, 2004

Kata Kunci

- Miofibril
- Miofilamen
- Sarkolema

Sarkomer bagian tengah disebut **garis M**. Sebelah kiri dan kanan garis M, tepatnya yang terdiri atas filamen tebal yang tidak tumpang-tindih oleh filamen tipis pada saat otot berkontraksi, disebut **zona H**. Pita A, daerah gelap, adalah sarkomer yang mengandung filamen tebal dan ditumpang tindih oleh sebagian filamen tipis.



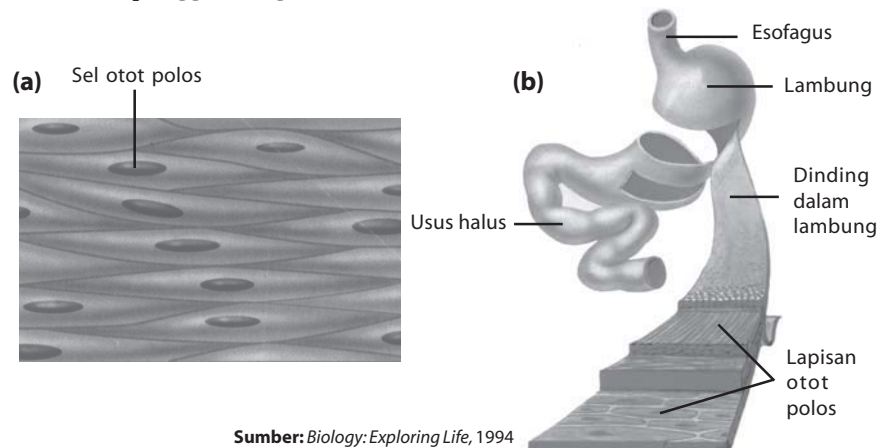
Gambar 3.10
Struktur otot rangka

Logika Biologi

Apakah jumlah dan jenis otot yang dimiliki oleh seorang binaragawan dan Anda sama? Mengapa demikian?

b. Otot Polos

Sel otot berbentuk seperti kumparan dengan sitoplasma yang tampak bening, disebabkan miofibril atau miofilamennya homogen. Dengan demikian, otot ini tampak polos, dan tidak berlurik. Apabila terkena rangsang, reaksi otot polos lambat, tetapi dapat bekerja dalam jangka waktu lama. Gerakannya tanpa kita sadari (otonom) atau bergerak secara **involunter**. Sifat seperti ini cocok untuk menjalankan alat-alat dalam yang bergerak terus-menerus atau menuntut gerakan yang tidak perlu disadari. Jaringan otot polos terdapat pada saluran pencernaan (yang membuat gerak peristaltik), pembuluh darah, dinding uterus, dan otot penggantung lensa mata.



Gambar 3.11
(a) Struktur jaringan otot polos.
(b) Jaringan otot polos biasanya merupakan penyusun organ dalam tubuh, misalnya pada lambung.

c. Otot Jantung

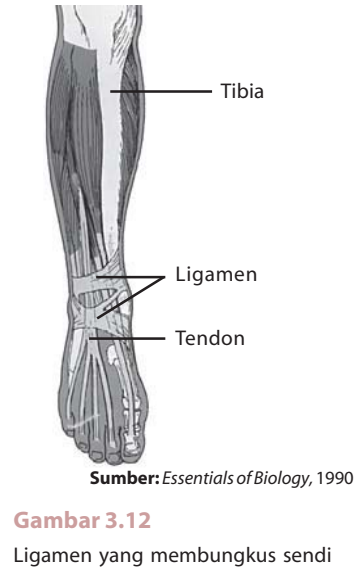
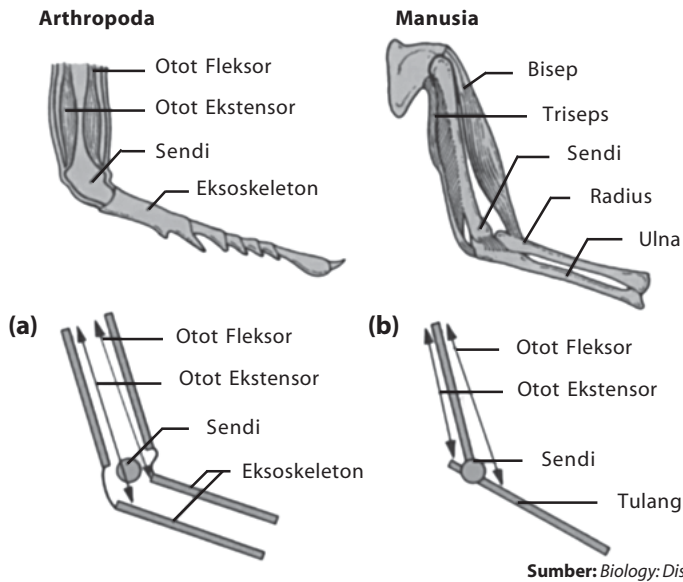
Sesuai dengan namanya, otot ini adalah otot yang membentuk organ jantung. Sel otot jantung berbentuk silindris dengan sebuah inti di tengahnya. Sel-sel otot jantung memiliki cabang. Sel satu dengan sel lain yang bersebelahan pada sisi pendeknya, memiliki sarkolema yang cukup tebal. Sarkolema yang tebal tersebut dinamakan **keping interkalar** atau **sinsitium**. Keping ini berfungsi sebagai penguat otot jantung dan membantu menghantarkan rangsang/impuls. Perhatikan **Gambar 3.11**.

Sel otot jantung dapat berkontraksi sendiri secara beraturan sekitar 72 kali per menit tanpa rangsang saraf karena memiliki sumber rangsang di dalam otot jantung tersebut. Rangsang yang datang dari saraf hanya mempercepat atau memperlambat denyut atau kontraksi otot jantung. Kontraksi otot jantung bekerja di bawah kontrol saraf otonom. Kerja otot jantung teratur dan cukup kuat.

2. Gerak pada Otot

Otot melekat pada tulang dengan jaringan ikat kuat yang disebut **tendon**. Tendon yang melekat pada tulang yang relatif diam pada saat otot berkontraksi disebut **origo**. Adapun tendon yang melekat pada tulang yang bergerak disebut **insersi**. Pada persendian terdapat jaringan ikat yang membungkus sendi agar sendi itu tidak terurai. Jaringan tersebut adalah **ligamen**.

Otot, sendi, dan tulang bekerja sama membentuk suatu gerak. Anda dapat perhatikan **Gambar 3.13**. Dalam lengan terdapat beberapa jenis otot, tulang, dan sendi. Ketika Anda mengangkat lengan bawah, misalnya, akan terjadi kerja sama antara otot, tulang dan sendi.



Gambar 3.12
Ligamen yang membungkus sendi

Gambar 3.13
Hubungan antartulang dan sendi pada (a) Arthropoda dan (b) manusia

Gerak yang dihasilkan dari kerja sama otot, tulang, dan sendi dapat dikelompokkan menjadi gerak berlawanan (**antagonis**) dan gerak bersamaan (**sinergid**).

a. Gerak Antagonis

Gerakan ini terjadi jika sebagian atau sebuah otot yang melekat pada tulang yang sama berkontraksi, sementara sebagian atau sebuah otot pasangannya berelaksasi. Contoh gerak antagonis adalah lutut dan siku. Pada lengan terdapat otot biseps dan trisep, yang menyebabkan gerakan pada siku. Oleh karena kerja otot berlawanan, terdapat beberapa jenis gerakan tulang yang berlawanan, yaitu:

- 1) otot fleksor (menekukkan) dan ekstensor (meluruskan);
- 2) otot abduktor (menjauhkan) dan adduktor (mendekatkan);
- 3) otot depresor (menurunkan) dan elevator (menaikkan);
- 4) otot supinator (menengadahkan) dan pronator (menelungkupkan).

Kata Kunci

- Gerak antagonis
- Gerak sinergid

b. Gerak Sinergid

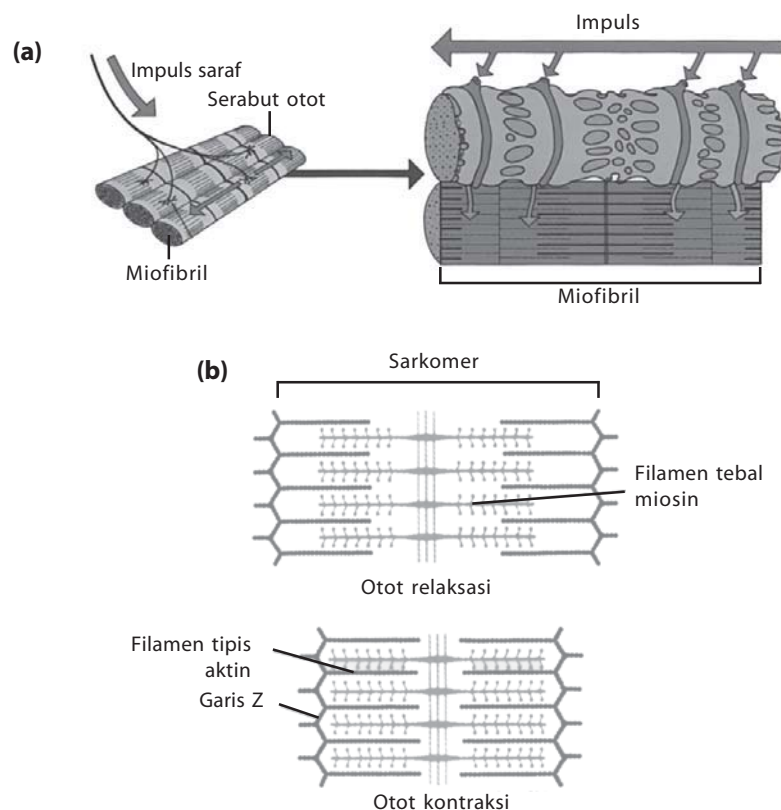
Gerakan ini terjadi jika sekelompok atau pasangan otot berkontraksi atau berelaksasi dalam waktu yang bersamaan dan mengakibatkan satu gerak bagian tubuh. Contoh gerak sinergid, yaitu pada otot-otot punggung dan otot-otot leher.

3. Kontraksi Otot

Otot memiliki mekanisme khusus untuk berkontraksi. Kontraksi pada otot akan memunculkan gerakan. Bagaimanakah mekanismenya? Apakah otot memerlukan energi? Simaklah uraian berikut.

a. Mekanisme Kontraksi Otot

Otot mulai berkontraksi apabila terkena rangsang. Kontraksi otot dikenal dengan nama “model pergeseran filamen” (*sliding filament mode*), seperti terlihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14

(a) Kontraksi otot dipicu oleh impuls saraf.

(b) Struktur miosin dan aktin pada saat kontraksi dan relaksasi otot

Sumber: *Biology Discovering Life*, 1991; *Human Body*, 2002

Kontraksi otot diawali oleh datangnya impuls saraf. Pada saat datang impuls, sinapsis atau daerah hubungan antara saraf dan serabut otot dipenuhi oleh asetil-kolin. Asetil-kolin ini akan merembeskan ion-ion kalsium (Ca^{2+}) ke serabut otot. Ion kalsium akan bersenyawa dengan molekul, troponin, dan tropomiosin yang menyebabkan adanya sisi aktif pada filamen tipis (aktin). Kepala miosin (filamen tebal), segera bergabung dengan filamen tipis tepat pada sisi aktif. Gabungan sisi aktif dengan kepala miosin disebut jembatan penyeberangan (*cross bridges*).

Segera setelah terbentuk, jembatan penyeberangan tersebut membebaskan sejumlah energi dan menyampaikan energi tersebut ke arah filamen tipis. Proses ini menyebabkan filamen tipis mengerut. Secara keseluruhan sarkomer ikut mengerut yang mengakibatkan otot pun berkerut. Kepala miosin akan lepas dari filamen tipis. Proses ini memerlukan ATP yang diambil dari sekitarnya. Dengan peristiwa ini, maka filamen tipis akan lepas dari filamen tebal. Secara keseluruhan otot akan relaksasi kembali.

Proses ini berulang sampai 5 kali dalam jangka waktu satu detik. Jadi, kontraksi otot akan berlangsung selama ada rangsangan. Apabila tidak ada rangsangan maka ion kalsium akan direabsorpsi. Pada saat itu pun troponin dan tropomiosin tidak memiliki sisi aktif lagi dan sarkomer dalam keadaan istirahat memanjang berelaksasi.

b. Energi untuk Kontraksi Otot

ATP (adenosin trifosfat) merupakan sumber energi bagi otot. Akan tetapi, jumlah yang tersedia hanya dapat digunakan untuk kontraksi dalam waktu beberapa detik saja. Otot vertebrata mengandung lebih banyak cadangan energi fosfat yang tinggi berupa **kreatin fosfat** sehingga akan dibebaskan sejumlah energi yang segera dipakai untuk membentuk ATP dari ADP.

Persediaan kreatin fosfat di otot sangat sedikit. Persediaan ini harus segera dipenuhi lagi dengan cara oksidasi karbohidrat. Cadangan karbohidrat di dalam otot adalah glikogen. Glikogen dapat diubah dengan segera menjadi glukosa-6-fosfat. Perubahan tersebut merupakan tahapan pertama dari proses respirasi sel yang berlangsung dalam mitokondria yang menghasilkan ATP.

Apabila kontraksi otot tidak terlalu intensif atau tidak terus-menerus, glukosa dapat dioksidasi sempurna menghasilkan CO_2 dan H_2O dengan **respirasi aerob**. Apabila kontraksi otot cukup intensif dan terus-menerus maka suplai oksigen oleh darah ke dalam otot tersebut tidak cepat dan banyak untuk mengoksidasikan glukosa. Oleh karena itu, penyediaan energi bagi kontraksi otot didapatkan dari proses **respirasi anaerob**, suatu proses yang tidak memerlukan oksigen. Keuntungan proses ini dapat menyediakan energi bagi kontraksi otot dengan segera, walaupun jumlah energi yang diberikan relatif sedikit dibandingkan proses aerob.

Pada respirasi anaerob, glukosa diubah menjadi asam laktat dengan sejumlah energi. Energi ini digunakan untuk membentuk kembali kreatin fosfat, yang nantinya dapat menghasilkan energi untuk membentuk ATP dari ADP.

Asam laktat yang tertimbun di dalam otot akan segera berdifusi pada sistem peredaran darah. Apabila penggunaan otot terus-menerus, pembentukan asam laktat yang banyak akan menghambat kerja enzim dan menyebabkan **kelelahan (fatigue)**.

4. Gangguan dan Kelainan pada Otot

Seperti halnya tulang, otot dapat mengalami gangguan dan penyakit. Gangguan pada otot dan tulang dapat mengganggu pergerakan dari manusia. Gangguan dan penyakit pada otot disebabkan oleh beberapa faktor, seperti infeksi virus, infeksi bakteri, maupun aktivitas. Simaklah penjelasan berikut ini.

Kata Kunci

- Respirasi aerob
- Respirasi anaerob



Sekilas Biologi

Postur tubuh yang baik sangat penting karena akan membantu tubuh bekerja maksimal. Jika posturnya jelek, selain tulang-tulang menjadi tidak lurus, otot-otot, ruas, dan ligamen (jaringan ikat sendi) pun akan tertarik lebih keras. Kebiasaan duduk malas dan menggunakan hak tinggi dapat memengaruhi postur tubuh. Postur tubuh yang buruk dapat memicu cepat lelah, ketegangan otot, dan akhirnya rasa sakit.

Sumber: www.kompas.com,
27 Oktober 2005

- Atropi**, merupakan keadaan otot yang lisut atau kumpulan otot menjadi kecil. Hal ini terjadi antara lain karena serangan penyakit yang disebabkan oleh virus (virus polio). Selain itu, otot yang jarang digunakan pun kemungkinan akan terserang atropi.
- Tetanus**, merupakan gangguan berupa otot yang terus-menerus berkontraksi. Sehari-hari dikenal dengan kejang otot atau kram. Hal ini dapat disebabkan oleh aktivitas otot yang terlalu tinggi. Tetanus yang lain disebabkan oleh kuman penyakit (bakteri *Clostridium tetani*).
- Hernia**, merupakan suatu tonjolan dari organ-organ dalam, misalnya usus, melalui tempat-tempat yang lemah pada dinding perut. Hernia dapat disebabkan oleh faktor usia maupun tekanan yang tinggi di daerah perut.
- Myesthenia gravis**, merupakan melemahnya otot-otot muka akibat serangan autoimunitas. Autoimunitas adalah tubuh menghasilkan antibodi yang menyerang jaringan-jaringan tubuh sendiri. Penyakit ini memiliki gejala turunnya kelopak mata, sulit menelan, dan gangguan pernapasan.

Tugas Anda 3.1

Olahraga dapat menimbulkan cedera pada tulang, sendi, dan otot. Tuliskan beberapa macam olahraga yang dapat menimbulkan cedera, serta pada bagian apa olahraga tersebut sering menimbulkan cedera. Jelaskan pula cara penanganan atau pengobatan ketika cedera tersebut terjadi.

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

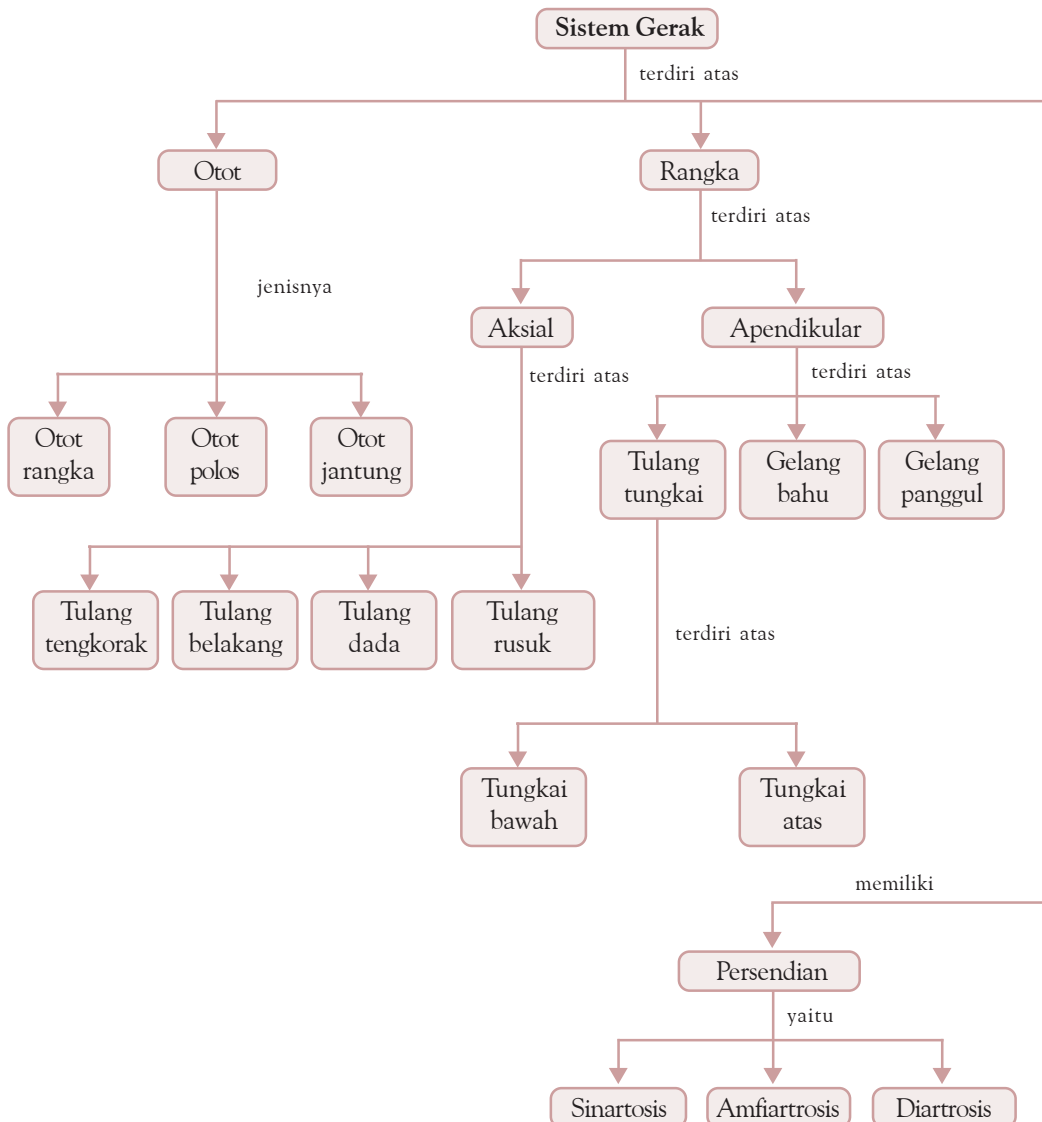
- Tuliskanlah perbedaan otot lurik dan otot polos.
- Apakah yang dimaksud dengan gerak antagonis?
- Jelaskan mekanisme kontraksi otot.
- Tuliskan gangguan-gangguan yang dapat terjadi pada otot.

Rangkuman

- Tubuh manusia tersusun atas tulang-tulang. Tulang-tulang tersebut membentuk suatu rangka tubuh. Berdasarkan jaringan penyusunnya, tulang dibedakan menjadi tulang rawan (kartilago) dan tulang keras.
- Berdasarkan bentuknya, tulang dibedakan menjadi tulang pipa (panjang), tulang pendek, tulang pipih, dan tulang ireguler.
- Manusia memiliki rangka tubuh ketika dalam tahap perkembangan embrio. Proses pembentukan tulang disebut dengan osifikasi. Osifikasi dibagi menjadi dua, yaitu osifikasi intramembranosa dan osifikasi intrakartilagenosa.
- Tulang memiliki beberapa fungsi, seperti penunjang dan pemberi bentuk tubuh; pelindung alat-alat vital tubuh; penyusun rangka tubuh; tempat melekatnya otot; tempat pembentukan sel-sel darah; tempat penyimpanan mineral.
- Secara garis besar, rangka tubuh manusia dibagi menjadi dua kelompok, yaitu rangka aksial dan rangka apendikular. Rangka aksial merupakan rangka poros atau sumbu tubuh. Adapun rangka apendikular adalah rangka tambahan (alat gerak).

6. Tulang-tulang pada tubuh manusia akan saling berhubungan membentuk persendian. Secara fungsional, persendian dibagi menjadi tiga, yaitu sinartrosis, amfiartrosis, dan diartrosis.
7. Selain tulang, penyusun sistem gerak pada manusia adalah otot. Otot disebut alat gerak aktif karena kontraksinya dapat menggerakkan tulang sehingga muncul gerak.
8. Berdasarkan struktur dan fungsinya otot dibedakan menjadi otot lurik, otot polos, dan otot jantung. Contoh otot lurik terdapat pada biceps (otot lengan). Otot polos terdapat antara lain pada saluran pencernaan, pembuluh darah, dan dinding rahim. Adapun otot jantung terdapat pada organ jantung.

Peta Konsep



Refleksi

Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi **Sistem Gerak pada Manusia** ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda dapat menjaga kesehatan tulang dan duduk dengan posisi yang benar agar terhindar dari kelainan tulang.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan pada sistem gerak. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.

Evaluasi Kompetensi Bab 3

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

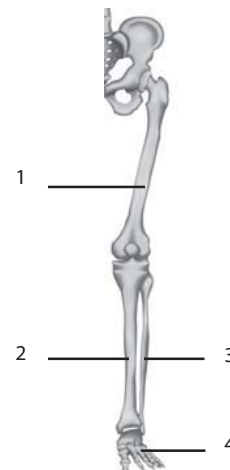
A. Pilihan Ganda

1. Tulang dapat mengeras karena adanya
 - a. NaHCO_3
 - b. FeCO_3
 - c. MgCO_3
 - d. CaCl
 - e. CaCO_3 dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
2. Proses pembentukan tulang disebut
 - a. kalsifikasi
 - b. osteoklas
 - c. osifikasi
 - d. osteoblas
 - e. osteosit
3. Hubungan tulang yang sangat rapat pada tengkorak disebut
 - a. sutura
 - b. sendi
 - c. osifikasi
 - e. apendikular
 - d. aksial
4. Tulang yang berfungsi melindungi organ dalam adalah
 - a. tulang dada dan tengkorak
 - b. tulang dada dan tulang rusuk
 - c. tulang rusuk dan tengkorak
 - d. tengkorak dan tulang belakang
 - e. tulang belakang dan tulang rusuk
5. Berikut adalah beberapa jenis tulang
 1. humerus
 2. radius
 3. ulna
 4. karpal
 5. metakarpal

Tulang-tulang tersebut merupakan penyusun

- a. tungkai atas
 - b. tungkai bawah
 - c. gelang bahu
 - d. gelang panggul
 - e. tengkorak
6. Persendian yang sama sekali *tidak* dapat digerakkan adalah
 - a. diartrosis
 - b. sinartrosis
 - c. amfiartrosis
 - d. lordosis
 - e. lifosis
 7. Hubungan antartulang belakang termasuk ke dalam
 - a. diartrosis
 - b. sinartrosis
 - c. amfiartrosis
 - d. kifosis
 - e. lordosis

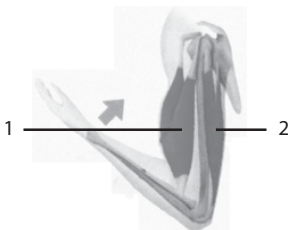
Untuk soal nomor 8 dan 9, perhatikan gambar berikut.



8. Tulang yang ditunjukkan oleh nomor 1 sampai dengan 4 adalah

	Femur	Tibia	Fibula	Falanges
a.	1	2	3	4
b.	4	3	2	1
c.	3	4	2	1
d.	3	2	4	1
e.	1	2	4	3

9. Tulang-tulang tersebut merupakan tulang penyusun
- tungkai atas
 - tungkai bawah
 - gelang bahu
 - gelang panggul
 - rangka aksial
10. Gelang bahu merupakan salah satu contoh dari sendi
- engsel
 - putar
 - pelana
 - mati
 - peluru
11. Sendi yang dapat melakukan gerakan paling bebas adalah sendi
- peluru
 - engsel
 - putar
 - pelana
 - mati
12. Peradangan pada sendi disebut
- fraktura
 - fisura
 - arthritis
 - dislokasi
 - ankilosis
13. Perhatikan gambar berikut.



Aksi yang terjadi pada otot 1 dan 2 adalah

- 1 kontraksi dan 2 kontraksi
 - 1 kontraksi dan 2 relaksasi
 - 1 relaksasi dan 2 kontraksi
 - 1 relaksasi dan 2 relaksasi
 - tidak terjadi aksi
14. Berikut adalah ciri-ciri otot.
- Bentuk silindris
 - Terdapat keping interkalar
 - Melekat pada rangka
 - Bekerja di bawah kontrol saraf otonom

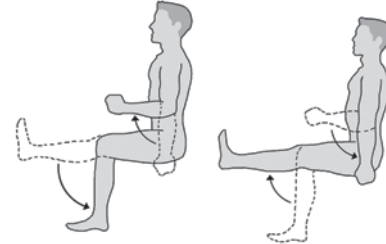
Di antara ciri-ciri tersebut, yang termasuk ciri-ciri otot jantung adalah

- 1, 2, 3, dan 4
- 1, 2, dan 3
- 1, 2, dan 4
- 1, 3, dan 4
- 1 dan 4

15. Otot yang melekat pada tulang yang *tidak* bergerak ketika otot berkontraksi adalah

- origo
- insersi
- tendon
- otot polos
- ligamen

16. Perhatikan gambar berikut.



Gerakan tersebut merupakan kerja dari otot

- fleksor dan ekstensor
- abduktor dan adduktor
- depresor dan pronator
- supinator dan pronator
- entensor dan elevator

17. Berikut adalah ciri-ciri otot.

- Letak inti sel di tengah
- Penampakan lurik di bawah mikroskop
- Gerakannya di luar perintah otak

Pernyataan tersebut merupakan ciri-ciri dari otot

- lurik
- polos
- jantung
- polos dan otot jantung
- tendon

18. Protein, troponin, tropomiosin, dan aktin terdapat di dalam

- sarkolema
- miofibril
- sarkomer
- nukleus
- plasmolema

19. Sendi dibungkus oleh suatu jaringan ikat yang disebut

- origo
- insersi
- tendon
- sinsitium
- ligamen

20. Kelelahan otot disebabkan karena banyaknya

- asam piruvat
- asam laktat
- ATP
- ADP
- gulkosa

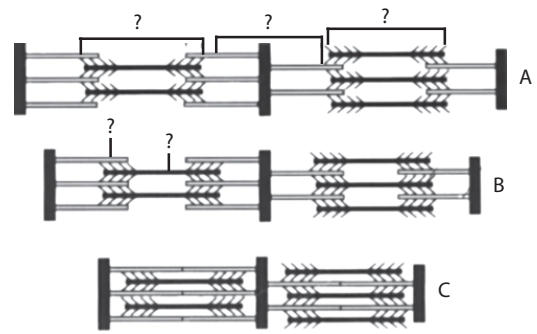
B. Soal Uraian

1. Tuliskan lima fungsi tulang.
2. Jelaskan secara singkat mengenai proses pembentukan tulang.
3. Apakah perbedaan antara otot polos, otot lurik, dan otot jantung?
4. Jelaskan mekanisme kontraksi otot.
5. Tuliskan 3 gangguan dan penyakit yang dapat terjadi pada tulang dan otot manusia?

C. Soal Tantangan

1. Pada saat mencapai usia sekitar 20 tahun, tulang akan berhenti tumbuh. Akan tetapi, tulang masih memerlukan kalsium dan vitamin D selama seumur hidup. Mengapa demikian?

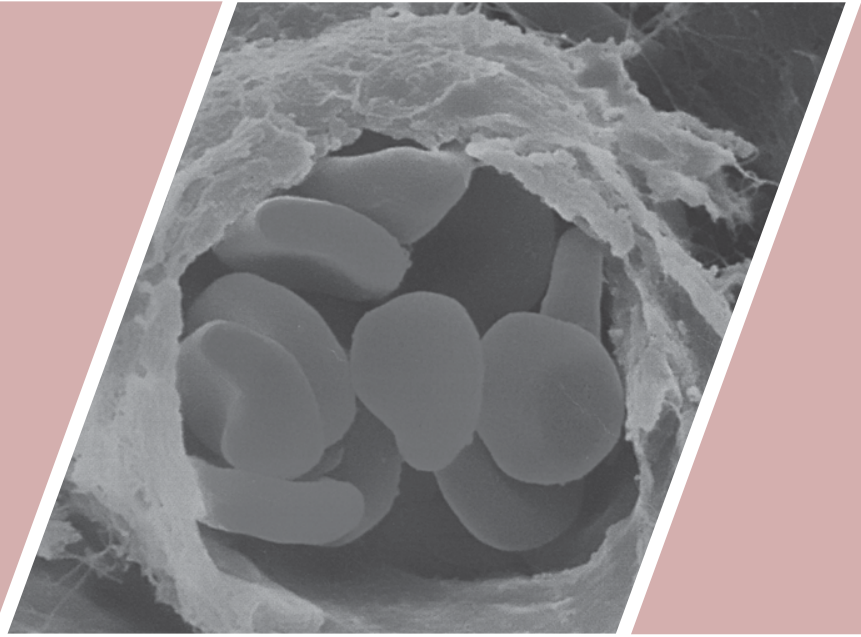
2. Perhatikan gambar miofibril berikut.



Sumber: *Biology*, 1999

- a. Berilah keterangan lengkap dari gambar tersebut.
- b. Manakah yang menunjukkan sel sedang berkontraksi?
- c. Bagaimanakah pengaruh kontraksi sel terhadap bagian-bagian miofibril?

Bab 4



Sumber: *Biology*, 1999
Sel-sel darah merah pada pembuluh darah.

Sistem Peredaran Darah pada Manusia

Hasil yang harus Anda capai:

menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan/penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem peredaran darah.

Pada bab sebelumnya, Anda telah mempelajari materi mengenai sistem gerak pada manusia. Komponen utama penyusun sistem gerak adalah tulang dan otot. Tulang dan otot akan bekerja sama melakukan gerak tubuh.

Tulang memiliki struktur dan bentuk yang bermacam-macam. Di dalam tulang keras terdapat suatu sistem yang disebut sistem Havers. Di dalam sistem Havers terdapat pembuluh darah yang berfungsi mengalirkan nutrisi untuk tulang. Tulang juga merupakan tempat pembentukan sel-sel darah.

Pada bab ini, Anda akan mempelajari sistem peredaran darah pada manusia. Salah satu organ dalam sistem peredaran darah yang diberikan Tuhan kepada manusia adalah jantung. Jantung berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh. Selain jantung, terdapat pembuluh darah sebagai pendukung sistem peredaran darah.

Apakah fungsi pembuluh darah? Bagaimana mekanisme peredaran darah manusia? Apa sajakah golongan darah pada manusia? Semua pertanyaan tersebut dapat Anda jawab setelah mempelajari materi pada bab ini. Pelajarilah bab ini dengan saksama.

A. Darah B. Organ-Organ Peredaran Darah

Tes Kompetensi Awal

1. Menurut Anda, apakah fungsi darah bagi tubuh?
2. Jelaskan secara singkat mengenai komposisi darah.

A. Darah

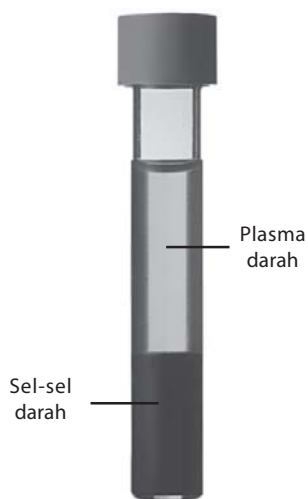
Apakah Anda pernah melihat orang yang sedang melakukan donor darah? Atau Anda sendiri pernah melakukannya? Donor darah adalah proses pengambilan darah dari tubuh dengan jumlah tertentu untuk dipindahkan pada tubuh orang lain dengan golongan darah yang sama.

Darah merupakan salah satu komponen sistem sirkulasi (peredaran darah) yang sangat penting. Darah dan sistem peredaran darah memiliki fungsi sebagai berikut.

1. Mengedarkan sari makanan (nutrisi) dari sistem pencernaan makanan ke seluruh sel-sel tubuh
2. Transportasi oksigen dari paru-paru ke sel-sel seluruh tubuh, dan transportasi karbon dioksida dari sel-sel seluruh tubuh ke paru-paru
3. Pengangkutan sisa metabolisme dari sel-sel tubuh ke organ ekskresi (pengeluaran)
4. Pengangkutan hormon dari kelenjar endokrin ke sel-sel atau jaringan target
5. Membantu keseimbangan cairan tubuh
6. Membantu dalam mengatur suhu tubuh

1. Komposisi Darah

Anda pasti pernah melihat darah. Tahukah Anda komposisi darah tersebut? Komposisi darah dapat diperoleh dengan cara memutar darah dalam suatu tabung dengan kecepatan tinggi. Proses pemutaran darah tersebut dinamakan **sentrifugasi**. Dari hasil sentrifugasi, darah akan terpisah menjadi dua bagian, yaitu bagian bawah yang padat dan bagian atas berupa cairan. Cairan pada bagian atas adalah **plasma darah** (55%), sedangkan bagian bawah terdapat **sel-sel darah** (45%). Perhatikan **Gambar 4.1**.



Sumber: Human Body, 2002

Gambar 4.1
Komposisi darah setelah disentrifugasi

a. Plasma Darah

Plasma darah mengisi sekitar 55% dari total volume darah. Salah satu fungsi plasma darah yaitu mengatur keseimbangan osmosis darah di dalam tubuh. Pada manusia, plasma darah tersusun atas air (90%) dan bahan-bahan terlarut (10%). Berikut ini komposisi plasma darah beserta fungsinya. Perhatikan **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Komposisi Plasma Darah

No	Kandungan Plasma Darah	Fungsi
1	Air	Pelarut zat-zat lain
2	Protein a. Albumin	Mempertahankan keseimbangan air pada darah dan jaringan; mengatur volume darah

	b. Globulin (alfa, beta, gama)	Membantu transportasi lemak, vitamin, dan hormon; pertahanan tubuh (antibodi)
	c. Protein penggumpal darah (fibrinogen dan protrombin)	Berperan dalam proses penggumpalan darah
3	Garam-garam (ion-ion), seperti natrium, kalium, kalsium, magnesium, klorida, dan bikarbonat.	Penyeimbang tekanan osmosis, mempertahankan pH (<i>buffer</i>), fungsi saraf dan otot, dan mengatur permeabilitas membran sel
4	Nutrien, seperti glukosa, asam amino, dan asam lemak	Digunakan oleh sel, makanan cadangan, atau diuraikan
5	Hormon	Memengaruhi aktivitas organ yang dituju
6	Karbon dioksida	Hasil respirasi sel yang dibawa ke paru-paru untuk dibuang
7	Sampah nitrogen	Hasil metabolisme yang akan diekskresikan oleh ginjal

Sumber: Human Body, 2002

b. Sel-Sel Darah

Terdapat sekitar 45% sel-sel darah di dalam darah. Sel-sel darah tersusun atas sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit). Untuk lebih memahami komposisi sel-sel darah dalam tubuh manusia, perhatikanlah Tabel 4.2 berikut.



Tabel 4.2 Komposisi Plasma Darah

Sel-Sel Darah (45%)		
Tipe Sel		Jumlah (per mm ³ darah)
Eritrosit		5 – 6 juta
Leukosit		5.000 – 10.000
Basofil	Limfosit	
Eosinofil	Monosit	
Neutrofil		
Trombosit		250.000 – 400.000

Sumber: Biology Concepts & Connections, 2006

1) Sel darah merah

Sel darah merah (eritrosit) berfungsi mengangkut atau mengedarkan oksigen dan karbon dioksida. Kemampuan mengikat oksigen dan karbon dioksida oleh sel darah merah adalah karena adanya hemoglobin. Hemoglobin adalah suatu protein yang memiliki daya ikat kuat terhadap O₂ dan CO₂.

Kata Kunci

- Plasma darah
- Sel-sel darah



Fakta Biologi

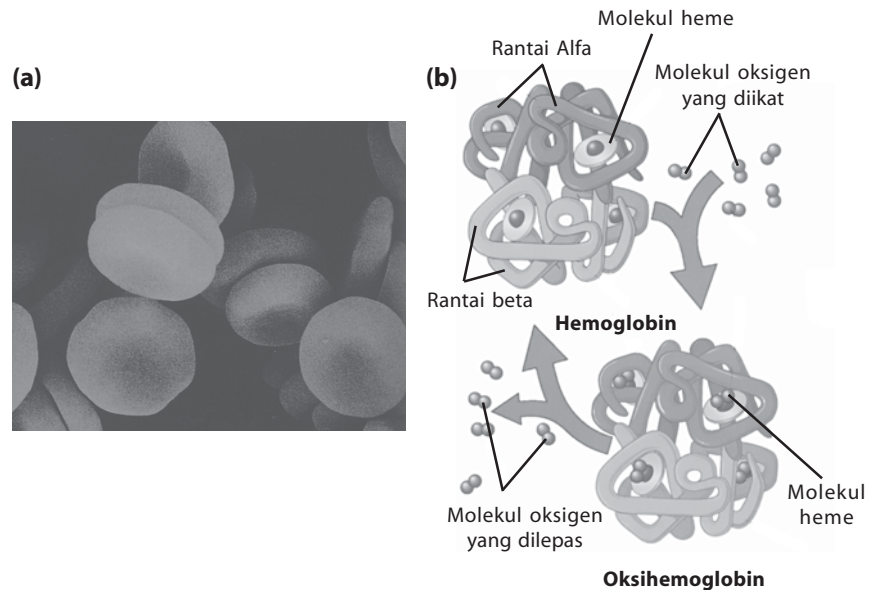
Tubuh pria dewasa mengandung volume darah sekitar 5–6 L. Adapun wanita sekitar 4–5 L.

Sumber: Science Library: Human Body, 2004

Kata Kunci

- Eritrosit
- Hemoglobin

Hemoglobin memiliki dua komponen penyusun, yaitu **heme** dan **globin**. Heme adalah suatu pigmen yang mengandung zat besi (Fe). Heme inilah yang menyebabkan darah berwarna merah. Adapun globin adalah sejenis protein yang tersusun atas dua pasang rantai (alfa dan beta). Rantai tersebut berikatan dengan heme yang mengandung zat besi. Hemoglobin yang berikatan dengan oksigen disebut **oksihemoglobin**, sedangkan hemoglobin yang berkaitan dengan karbon dioksida disebut **karbomino hemoglobin**. Perhatikan **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2
(a) Bentuk sel darah merah dan (b) struktur hemoglobin

Sumber: *Human Body*, 2002; *Biology*, 1999

Eritrosit memiliki bentuk bulat pipih dengan cekungan di kedua permukaannya (bikonkaf). Eritrosit memiliki diameter 7–8 μm dengan tebal 1–2 μm . Jumlah eritrosit dalam setiap milimeter kubik darah adalah 5–6 juta eritrosit. Hal ini berarti, pada tubuh manusia, terdapat sekitar 30 miliar eritrosit. Jumlah eritrosit di dalam tubuh manusia bervariasi, sesuai dengan jenis kelamin, usia, dan ketinggian tempat orang tersebut tinggal.

Eritrosit diproduksi pada bagian sumsum tulang. Pembentukan eritrosit disebut **eritropoesis**. Di dalam peredaran darah, eritrosit dapat hidup sekitar empat bulan (120 hari). Eritrosit yang sudah tua atau rusak akan diuraikan di dalam hati. Hemoglobinnya dipecah menjadi zat besi, bilirubin, dan globin. Zat besi dan globin dapat digunakan kembali oleh tubuh, sedangkan bilirubin dikeluarkan menjadi cairan empedu.

2) Sel darah putih

Sel darah putih (leukosit) berfungsi dalam pertahanan dan kekebalan tubuh. Leukosit akan mempertahankan tubuh dari serangan penyakit. Fungsi tersebut didukung oleh kemampuan leukosit untuk bergerak **amoeboid** (seperti Amoeba) dan sifat fagositosis (memangsa atau memakan).

Berdasarkan ada atau tidaknya granula di dalam sitoplasmanya, leukosit dibagi menjadi **leukosit tidak bergranula (agranulosit)** dan **leukosit bergranula (granulosit)**.

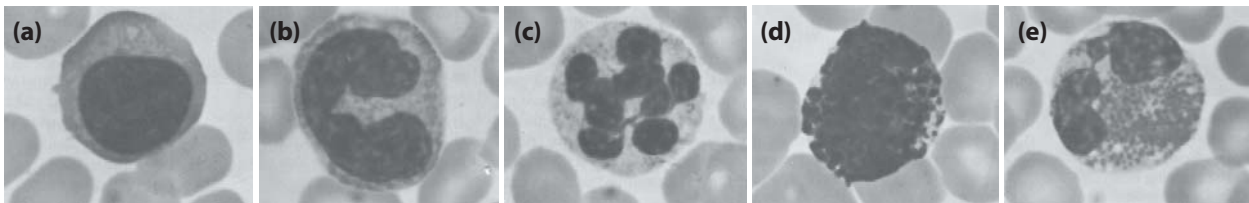
a) Agranulosit

Agranulosit merupakan leukosit yang tidak memiliki granula pada sitoplasmanya. Terdapat dua jenis agranulosit, yaitu **limfosit** dan **monosit**. Limfosit adalah leukosit yang tidak dapat bergerak dan memiliki satu inti sel. Limfosit berfungsi dalam membentuk antibodi. Limfosit berukuran antara 8–14 μm . Monosit berukuran lebih besar daripada limfosit, yaitu 14–19 μm . Monosit memiliki inti berbentuk menyerupai ginjal.

b) Granulosit

Granulosit merupakan leukosit yang memiliki granula pada sitoplasmanya. Berdasarkan sifat-sifat granul yang dimilikinya, granulosit dibedakan menjadi tiga, yaitu **neutrofil**, **basofil**, **eosinofil**. Perhatikan **Gambar 4.3**.

Neutrofil memiliki granul-granul yang dapat menyerap zat warna netral. Basofil memiliki granul-granul yang dapat menyerap zat warna bersifat basa. Adapun granul-granul pada eosinofil dapat menyerap zat warna yang bersifat asam.



Sumber: *Biology: Discovering Life*, 1991

Gambar 4.3

Macam-macam sel darah putih, yaitu (a) limfosit, (b) monosit, (c) neutrofil, (d) basofil, dan (e) eosinofil

3) Keping darah

Keping darah disebut juga dengan **trombosit**. Trombosit berbentuk bulat, lonjong, bahkan berbentuk tidak beraturan. Trombosit tidak memiliki inti dan berukuran lebih kecil dibandingkan eritrosit.

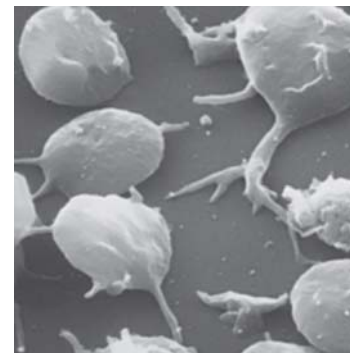
Jumlah trombosit sekitar 250.000–400.000 dalam setiap milimeter kubik darah. Trombosit dapat hidup selama delapan hari. Trombosit berfungsi dalam proses penggumpalan darah. Mengenai peran trombosit dalam penggumpalan darah, akan dibahas pada materi selanjutnya.

2. Mekanisme Penggumpalan Darah

Pernahkan Anda terjatuh dari sepeda dan lutut Anda terluka? Luka tersebut akan mengeluarkan darah. Akan tetapi, apa yang terjadi pada luka tersebut setelah beberapa hari? Luka tersebut akan menutup dan kering.

Apabila pembuluh darah rusak atau terpotong karena luka, darah akan mengalir keluar dari pembuluh darah. Akan tetapi, darah tersebut akan berhenti mengalir keluar karena terjadi proses penggumpalan darah. Bagaimanakah mekanisme penggumpalan darah tersebut?

Di dalam plasma darah terdapat trombosit yang akan pecah apabila menyentuh permukaan yang kasar. Jika trombosit pecah, enzim tromboplastin yang dikandungnya akan keluar bercampur dengan plasma darah. Selain trombosit, di plasma darah terdapat protombin. Protombin akan



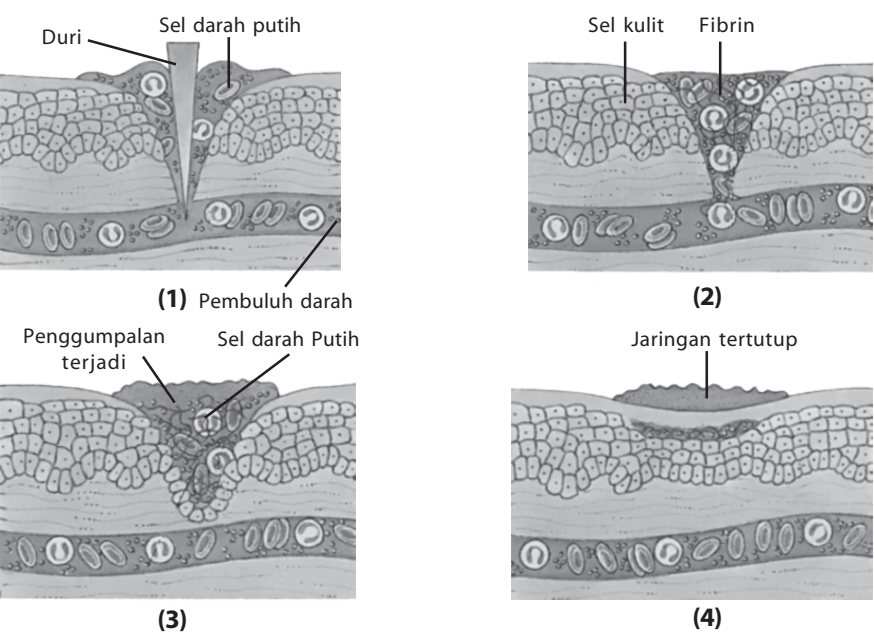
Sumber: *Human Body*, 2002

Gambar 4.4

Trombosit berperan dalam penggumpalan darah.

diubah menjadi trombin oleh enzim tromboplastin. Perubahan protombin menjadi trombin dipicu oleh ion kalsium (Ca²⁺). Protombin adalah suatu protein plasma yang pembentukannya memerlukan vitamin K.

Trombin akan berfungsi sebagai enzim yang dapat mengubah **fibrinogen** menjadi **fibrin**. Fibrinogen adalah suatu protein yang terdapat dalam plasma. Adapun fibrin adalah protein berupa benang-benang yang tidak larut dalam plasma. Benang-benang fibrin yang terbentuk akan saling bertautan sehingga sel-sel darah merah beserta plasma akan terjaring dan membentuk gumpalan. Jaringan baru akan terbentuk menggantikan gumpalan tersebut dan luka akan menutup. Perhatikan **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5

Mekanisme penggumpalan darah pada luka

Sumber: Human Body, 2002

Logika Biologi

Ketika melakukan donor darah, darah yang diambil sekitar 300 cc. Apakah pengambilan darah ini tidak akan mengganggu kesehatan tubuh? Apakah jumlah darah dalam tubuh akan kembali normal?

3. Golongan Darah dan Transfusi Darah

Apakah golongan darah Anda? Apakah sama dengan kakak atau adik Anda? Golongan darah pada setiap orang belum tentu sama. Hal ini disebabkan adanya beberapa golongan darah pada manusia. Apa sajakah golongan darah pada manusia tersebut?

Berdasarkan komposisi aglutinogen dan aglutininnya, golongan darah manusia dibedakan menjadi golongan darah A, B, AB, dan O. Penggolongan darah ABO ditemukan oleh seorang ahli imunologi Austria, **Karl Landsteiner** (1868–1943). Penggolongan darah ini berdasarkan atas terdapatnya dua jenis aglutinogen, yaitu **aglutinogen A** dan **aglutinogen B**.

Aglutinogen dan aglutinin adalah kandungan protein di dalam darah. Aglutinogen merupakan protein berupa **antigen**, sedangkan aglutinin merupakan protein berupa **antibodi**. Aglutinogen terdapat pada eritrosit, sedangkan aglutinin terdapat pada plasma darah (**Tabel 4.3**).

Tabel 4.3 Golongan Darah

Golongan Darah	Aglutinogen	Aglutinin
A	A	β
B	B	
O	–	dan
AB	A dan B	–

Selain sistem ABO, terdapat penggolongan daerah lainnya, yaitu sistem **rhesus** (rh). Sistem ini didasarkan atas ada atau tidaknya aglutinogen rhesus di dalam darah. Landsteiner menemukan sistem rh ini pada percobaannya terhadap kera *Macaca rhesus*. Pada sistem rh, apabila darah seseorang mengandung aglutinogen rhesus maka orang tersebut termasuk **rhesus positif** (rh⁺). Adapun jika tidak mengandung aglutinogen rhesus, orang tersebut termasuk **rhesus negatif** (rh⁻).

Penggolongan darah ABO berperan dalam transfusi darah. Transfusi darah adalah proses pemindahan darah dari tubuh seseorang ke dalam tubuh orang lain. Orang yang menerima darah disebut penerima atau **resipien**. Adapun orang yang memberikan darahnya disebut pemberi atau **donor**.

Hal yang harus diperhatikan dalam tranfusi darah adalah jenis aglutinogen donor dan aglutinin resipien. Aglutinin memiliki kemampuan untuk menggumpalkan eritrosit. Jadi, apabila aglutinogen donor bercampur dengan aglutinin resipien, darah resipien akan menggumpal. Darah donor yang bercampur dalam tubuh resipien akan dianggap sebagai antigen oleh tubuh. Agar Anda lebih memahami transfusi darah perhatikan **Tabel 4.4** berikut.

Tabel 4.4 Transfusi Darah

Resipien Donor	A	B	O	AB
A	+	-	-	+
B	-	+	-	+
O	+	+	+	+
AB	-	-	-	+

Keterangan:
- = Menggumpal
+ = Tidak menggumpal

Seseorang dengan golongan darah O disebut **donor universal** karena dapat ditransfusikan kepada semua golongan darah (sistem ABO). Adapun golongan AB disebut sebagai **resipien universal** karena dapat menerima semua golongan darah (sistem ABO). Akan tetapi, pada praktiknya, hal tersebut jarang dilakukan karena kemungkinan adanya ketidakcocokkan darah di luar sistem ABO.

4. Gangguan dan Penyakit yang Berkaitan dengan Darah


Terdapat beberapa gangguan dan penyakit yang berkaitan dengan darah. Gangguan tersebut dapat disebabkan oleh faktor fisiologis maupun faktor genetik.

a. Anemia

Anemia merupakan penyakit berupa kurangnya kadar hemoglobin, Fe, dan eritrosit di dalam tubuh. Dalam keadaan normal, kadar Hb dalam darah yaitu 12–16 gram%. Adapun jumlah eritrosit normal yaitu 5,3 juta/mm³ darah. Seorang yang menderita anemia memiliki gejala muka pucat, lesu, sakit kepala, dan gangguan menstruasi.

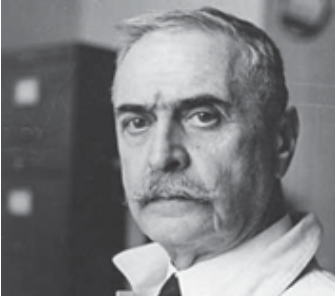
b. Leukemia

Pada leukemia, produksi sel darah putih melebihi batas normal. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan abnormal pada jaringan yang



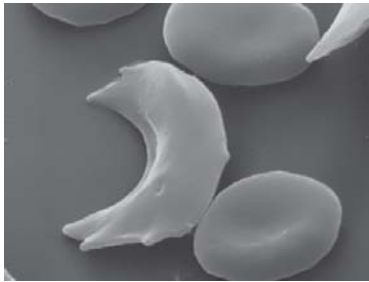
Sekilas Biologi

Karl Landsteiner
(1868–1943)



Pada awal 1900-an peneliti Austria di bidang medis, Landsteiner, menguji banyak sampel darah. Ia menemukan sistem pengelompokan darah ABO. Kemudian, pada tahun 1939, Landsteiner membantu menemukan penggolongan darah lain, yaitu rhesus.

Sumber: Jendela Iptek: Ilmu Kedokteran, 1997



Sumber: Human Body, 2002

Gambar 4.6

Bentuk sel darah merah pada sickle cell anemia

memproduksi sel-sel darah. Leukemia dapat disebabkan oleh infeksi virus, terkena sinar radio aktif, terkena zat-zat kimia, serta faktor keturunan (genetik). Penderita leukemia memiliki ciri-ciri pucat, lesu, demam, dan pendarahan.

c. Thalasemia

Thalasemia adalah suatu penyakit yang diakibatkan oleh gangguan produksi hemoglobin dan eritrosit. Thalasemia merupakan penyakit genetik atau keturunan. Gejala penyakit thalasemia sangat bervariasi, di antaranya anemia, pembesaran limfa, bentuk tulang abnormal, dan gangguan pertumbuhan.

d. Sickle Cell Anemia

Sickle cell anemia adalah suatu penyakit yang ditandai dengan bentuk sel darah merah menyerupai bulan sabit. Sel darah merah yang berbentuk bulan sabit tersebut mudah untuk saling tindih pada pembuluh darah. Akibatnya, sel darah tersebut menyumbat pembuluh darah dan terjadi hemolisis (pecah). Selain itu, bentuk bulan sabit berakibat kurangnya daya ikat terhadap oksigen. Perhatikan Gambar 4.6.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan fungsi darah yang berhubungan dengan transportasi.
2. Tuliskan komposisi darah manusia.
3. Jelaskan mekanisme pembekuan darah.
4. Apakah yang harus diperhatikan dalam proses transfusi darah?

B. Organ-Organ Peredaran Darah

Peganglah dada kiri Anda sebelah atas. Apakah yang Anda rasakan? Apabila dipegang, dada kiri Anda akan berdetak karena di dalamnya terdapat jantung. Jantung merupakan salah satu organ dalam sistem peredaran darah. Tahukah Anda struktur dan fungsi jantung? Dapatkah Anda menyebutkan organ sistem peredaran darah lainnya?

1. Jantung

Jantung merupakan pusat dari sistem peredaran darah manusia. Jantung terletak di dalam rongga dada sebelah kiri. Jantung memiliki kemampuan untuk berkontraksi memompa darah ke seluruh bagian tubuh. Hal inilah yang membuat jantung selalu berdetak selama manusia tersebut hidup. Pada orang dewasa, jantung memiliki berat sekitar 335 gram. Jantung berdetak sekitar 100.000 kali per hari.

Detak jantung dikontrol oleh *pacemaker*. *Pacemaker* (pacu jantung) adalah sekelompok sel yang terletak di atrium kanan. *Pacemaker* ini mengirimkan pesan-pesan elektrik ke otot jantung. Pesan-pesan ini merangsang otot jantung untuk berkontraksi. *Pacemaker* juga menerima informasi dari otak. Beberapa sel saraf yang merangsang jantung bergerak pelan, sebagian lagi merangsang bergerak cepat. Jadi, otak dapat pula mengatur detak jantung, sesuai kebutuhan tubuh.

Jantung dibungkus oleh suatu membran yang disebut **perikardium**. Di dalam perikardium ini terdapat rongga perikardium yang berisi cairan perikardium. Cairan perikardium berfungsi mengurangi gesekan pada saat

Kata Kunci

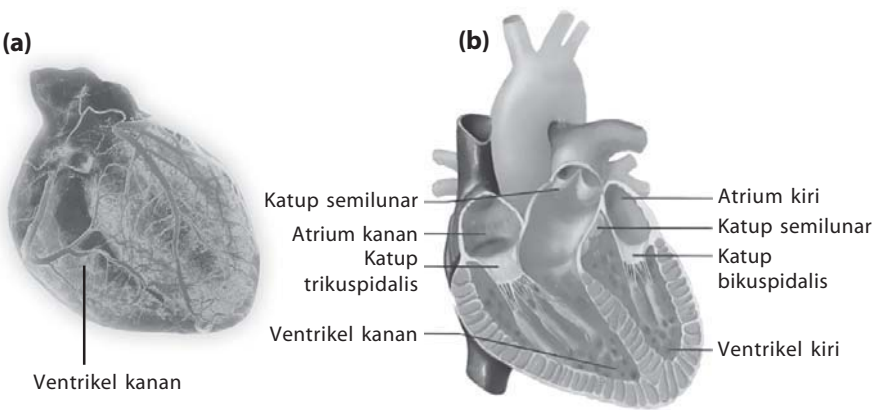
- Atrium
- Jantung
- Pacemaker
- Ventrikel

jantung berdenyut. Jantung tersusun atas tiga lapisan jaringan, yaitu **epikardium** (lapisan terluar jantung), **miokardium** (otot jantung), dan **endokardium** (lapisan pembatas ruang jantung).

Bagian dalam jantung terbagi atas empat ruang. Dua rongga yang terletak di atas disebut **atrium** (serambi) dan dua rongga di bawahnya disebut **ventrikel** (bilik).

Jantung memiliki tiga jenis katup, yaitu **katup bikuspidalis**, **katup trikuspidalis**, dan **katup semilunaris**. Katup-katup tersebut berfungsi agar aliran darah tetap searah dan darah di dalam jantung tidak bercampur. Katup bikuspidalis membatasi antara atrium kiri dan ventrikel kiri. Katup trikuspidalis membatasi atrium kanan dan ventrikel kanan. Perhatikan **Gambar 4.7**.

Adapun katup semilunaris terbagi menjadi dua, yaitu **katup semilunaris aorta** dan **katup semilunaris pulmonalis**. Katup semilunaris aorta membatasi ventrikel kiri dan aorta, sedangkan katup semilunaris pulmonalis membatasi ventrikel kanan dan arteri pulmonalis.



Sumber: Human Body, 2002; Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran, 1991

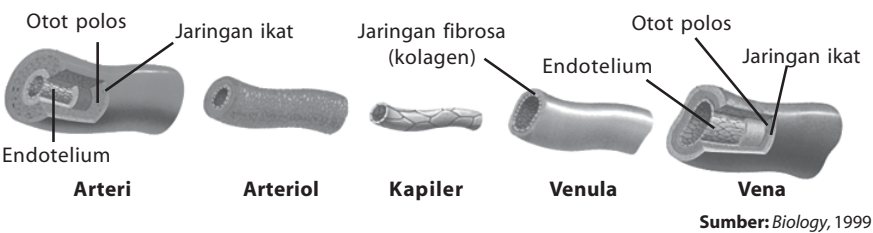
Gambar 4.7
(a) Struktur utuh jantung manusia dan (b) ruang-ruang pada jantung

Tugas Anda 4.1

Jantung merupakan organ utama dalam sistem peredaran darah. Jantung berfungsi memompakan darah ke seluruh tubuh. Pada sebagian orang, jantung tidak berfungsi maksimal sebagaimana mestinya. Melihat hal tersebut, dapatkah jantung ditransplantasikan? Carilah informasi mengenai transplantasi (cangkok) jantung di majalah, surat kabar, dan internet. Buatlah tulisan Anda dalam bentuk laporan. Kumpulkan hasilnya kepada guru Anda.

2. Pembuluh Darah

Cobalah Anda pegang pergelangan tangan Anda. Anda akan merasakan denyutan di pergelangan tangan Anda. Denyutan tersebut merupakan pembuluh darah yang sedang mengalirkan darah. Selain jantung, organ peredaran darah adalah pembuluh darah. Pembuluh darah berfungsi mengalirkan darah dari jantung ke seluruh tubuh ataupun sebaliknya. Pembuluh darah dibagi menjadi **arteri**, **arteriol**, **kapiler**, **venula**, dan **vena**.



Gambar 4.8
Macam-macam pembuluh darah

Kata Kunci

- Arteri
- Arteriol
- Kapiler
- Vena
- Venula

a. Arteri

Arteri (pembuluh nadi) merupakan hasil percabangan dari aorta. Aorta adalah pembuluh darah yang berasal dari bilik kiri. Arteri memiliki dinding yang tebal dan elastis, sesuai dengan fungsinya mengalirkan darah ke seluruh tubuh.

Arteri tersusun atas tiga lapisan jaringan, yaitu **jaringan ikat** (lapisan pertama), **otot polos** (lapisan tengah), dan **endotelium** (lapisan dalam). Terdapat empat jenis arteri, yaitu arteri pulmonalis, dan tiga arteri hasil percabangan aorta. Arteri pulmonalis adalah pembuluh yang dilewati darah dari ventrikel kanan menuju paru-paru.

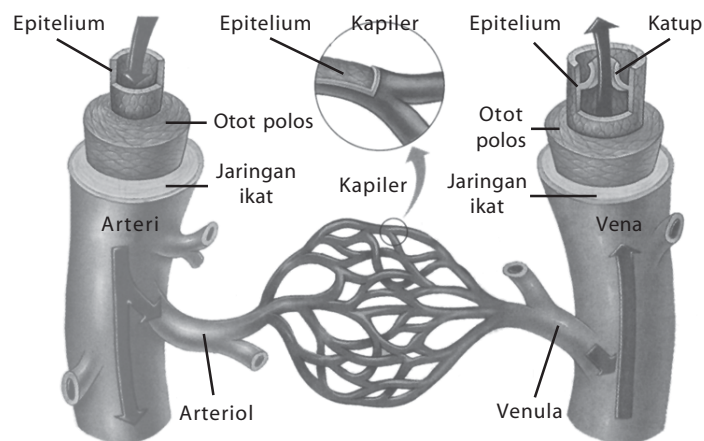
Tiga arteri hasil percabangan aorta, yaitu arteri koronaria, arteri anterior, dan arteri posterior. Arteri koronaria adalah arteri yang membawa darah dari ventrikel kiri menuju jantung bagian atrium kanan. Arteri anterior adalah arteri yang membawa darah menuju bagian anterior (atas) tubuh. Adapun arteri posterior adalah arteri yang membawa darah menuju bagian posterior (bawah) tubuh.

b. Arteriol

Arteriol adalah pembuluh darah yang berasal dari percabangan arteri. Arteriol memiliki ukuran yang lebih kecil daripada arteri. Meskipun demikian, lapisan jaringan penyusun arteriol serupa dengan arteri.

c. Kapiler

Arteriol akan bercabang-cabang lagi menjadi kapiler-kapiler. Kapiler merupakan pembuluh yang sangat halus dan tersusun atas satu lapis jaringan endotelium. Di kapiler terjadi pertukaran gas, bahan makanan, air, garam mineral, dan bahan organik lainnya. Kapiler akan saling bertautan dan membentuk percabangan yang rumit.



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Gambar 4.9

Secara anatomis, arteri dan vena terdiri atas tiga lapis. Salah satu perbedaannya adalah arteri memiliki dinding tebal dan elastis, sedangkan vena memiliki dinding tipis dan kurang elastis.

d. Venula

Kapiler-kapiler hasil percabangan arteriol akan berhubungan dengan venula. Venula merupakan pembuluh balik hasil percabangan dari vena.

e. Vena

Darah setelah melewati venula akan mengalir menuju vena (pembuluh balik). Vena akan mengalirkan darah menuju jantung dan berhubungan langsung dengan jantung. Seperti halnya arteri, vena tersusun atas tiga lapisan jaringan yang sama. Di sepanjang vena terdapat katup yang menjaga agar darah tidak berbalik arah.

Terdapat tiga jenis vena yang masuk ke jantung, yaitu **vena cava pulmonalis**, **vena cava superior**, dan **vena cava inferior**. Vena cava pulmonalis adalah vena yang berasal dari paru-paru dan masuk ke jantung melalui atrium kiri. Vena cava superior adalah vena yang membawa darah yang kaya CO₂ dari bagian anterior (atas) tubuh ke atrium kanan. Adapun vena cava inferior adalah vena yang membawa darah kaya CO₂ dari bagian posterior (bawah) tubuh.

Logika

Biologi

Pembuluh darah arteri lebih tebal daripada pembuluh darah vena. Apakah hal ini berkaitan dengan fungsinya?



Aktivitas Biologi 4.1

Mengukur Denyut Nadi

Tujuan
Mengukur denyut nadi normal dan denyut nadi setelah beraktivitas

Alat dan Bahan
Stopwatch atau jam tangan

- Langkah Kerja**
1. Hitunglah denyut nadi Anda dan teman sekelompok Anda. Hitung denyut nadi pada pergelangan tangan kiri dengan menggunakan ibu jari tangan kanan Anda. Hitunglah denyut nadi Anda selama satu menit.
 2. Lakukanlah perhitungan sebanyak tiga kali untuk mengambil rata-ratanya selama satu menit.
 3. Untuk perhitungan selanjutnya, berlari-larilah terlebih dahulu selama kurang lebih tiga menit. Ulangilah langkah 1 dan 2 kepada semua teman kelompok Anda.
 4. Masukkan hasil pengukuran Anda ke dalam tabel berikut.

No	Nama Siswa	Jenis Kelamin	Denyut Nadi Rata-Rata/Menit	
			Normal	Setelah Aktivitas
1				
2				
3				
4				
5				

- Pertanyaan**
1. Bandingkan denyut nadi pada keadaan normal dan setelah beraktivitas. Apakah terdapat perbedaan?
 2. Bandingkan pula denyut nadi laki-laki dan perempuan. Apakah berbeda? Mengapa demikian?
 3. Menurut percobaan tersebut, faktor apa sajakah yang memengaruhi denyut jantung seseorang? Diskusikan dengan guru Anda.



Sumber: *Biology for You*, 2002

3. Mekanisme Peredaran Darah Manusia

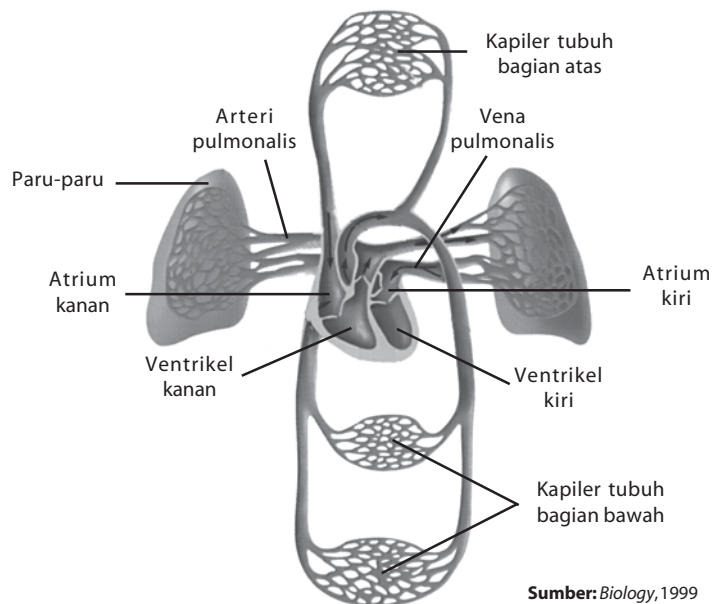
Jantung merupakan organ sistem peredaran darah yang utama. Jantung akan memompa dan mengalirkan darah ke seluruh tubuh. Bagaimana mekanisme peredaran darah pada manusia? Bagaimana mekanisme jantung memompa darah ke seluruh tubuh?

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, jantung memiliki empat ruang, yaitu atrium (kiri dan kanan) dan ventrikel (kiri dan kanan). Darah yang berada di atrium kanan merupakan darah yang banyak mengandung CO₂. Hal ini disebabkan darah yang masuk ke atrium kanan berasal dari seluruh tubuh. Adapun darah yang mengalir di atrium kiri merupakan darah yang banyak mengandung O₂ karena berasal dari paru-paru.

Kata Kunci

- Peredaran darah pulmonalis
- Peredaran darah sistemik

Manusia memiliki dua macam peredaran darah. Oleh karena itu, manusia dikatakan memiliki **peredaran darah ganda**. Peredaran darah ganda terdiri atas **peredaran darah kecil (pulmonalis)** dan **peredaran darah besar (sistemik)**. Peredaran darah kecil dimulai dari jantung menuju paru-paru dan kembali ke jantung. Adapun peredaran darah besar, dimulai dari jantung menuju ke seluruh tubuh dan kembali ke jantung.



Gambar 4.10

Peredaran darah pada manusia

Sumber: *Biology*, 1999

Sekarang, perhatikan aliran darah melalui seluruh sistem peredarannya. Ventrikel kanan akan memompa darah menuju paru-paru. Aliran darah tersebut akan melewati arteri pulmonalis. Ketika darah masuk ke dalam paru-paru melewati kapiler, terjadi pertukaran antara O_2 dan CO_2 di dalam darah. Hal ini akan membuat darah yang masuk ke atrium kiri kaya akan O_2 . Aliran darah dari paru-paru ke atrium kiri melalui vena pulmonalis. Selanjutnya, darah kaya O_2 akan masuk ke ventrikel kiri.

Pada **Gambar 4.10**, terlihat bahwa dinding ventrikel kiri lebih tebal daripada ventrikel kanan. Hal ini sesuai dengan fungsi ventrikel kiri untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Darah yang kaya O_2 akan meninggalkan ventrikel kiri melalui aorta. Aorta adalah pembuluh darah terbesar yang bercabang tiga. Cabang pertama adalah arteri koronaria yang akan membawa suplai darah menuju otot-otot jantung itu sendiri. Peredaran darah tersebut dinamakan peredaran darah kecil (pulmonalis).

Cabang kedua dari aorta akan menuju ke anggota tubuh bagian atas (kepala, dada, dan lengan). Adapun cabang ketiga dari aorta akan menuju ke anggota tubuh bagian bawah (perut dan kaki). Pada setiap organ tubuh, kapiler-kapiler berhubungan dengan vena yang akan mengembalikan darah menuju jantung melalui vena.

Darah yang kaya CO_2 yang berasal dari anggota tubuh bagian atas akan masuk ke jantung melalui vena cava superior. Adapun darah kaya CO_2 yang berasal dari anggota tubuh bagian bawah akan masuk ke jantung melalui vena cava inferior. Kedua vena cava tersebut mengalirkan darah menuju atrium kanan. Dari atrium kanan, darah akan kembali ke ventrikel kanan. Peredaran darah tersebut dinamakan peredaran darah besar (sistemik).



Sekilas Biologi

Aktivitas fisik dapat membantu mencegah aterosklerosis. Aktivitas tersebut dapat berupa olahraga, kegiatan harian, bahkan menari. Aliran darah dalam keadaan istirahat sekitar 200 mL per menit. Dengan aktivitas, aliran darah dapat meningkat menjadi 350 mL per menit. Hal ini sudah lebih dari cukup untuk menghindarkan endotelium pembuluh darah dari arteriosklerosis.

Sumber: www.kompas.com.

4. Tekanan Darah

Tekanan darah adalah tekanan yang disebabkan oleh darah yang mengalir terhadap dinding pembuluh darah. Ketika ventrikel berkontraksi, darah akan mengalir lebih cepat menuju arteri. Hal ini menyebabkan dinding arteri menjadi tertekan. Anda dapat merasakan hal tersebut dengan memegang pembuluh nadi pada pergelangan tangan. Denyut nadi dapat digunakan untuk mengukur tekanan darah.

Tekanan darah pada arteri terdiri atas **tekanan sistol** dan **tekanan diastol**. Tekanan sistol adalah tekanan darah pada saat ventrikel kiri berkontraksi. Adapun tekanan diastol adalah tekanan darah pada saat ventrikel kiri berelaksasi. Tekanan darah sistol dan diastol dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut tensimeter (**sphygmomanometer**). Pada orang dewasa normal, tekanan sistol dan diastolnya sekitar 120 mmHg dan 80 mmHg (120/80 mmHg).



Sumber: *Biology: Exploring Life*, 1994

5. Gangguan dan Penyakit pada Sistem Darah

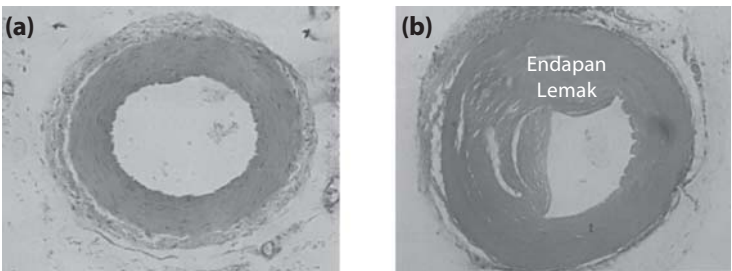
Terdapat beberapa gangguan dan penyakit pada sistem peredaran darah. Gangguan dan penyakit tersebut dapat disebabkan oleh faktor fisik, aktivitas, maupun makanan yang dikonsumsi.

a. Hipertensi

Hipertensi disebut pula sebagai penyakit tekanan darah tinggi. Orang yang mengidap hipertensi memiliki nilai sistol dan diastol melebihi batas normal (>140/90 mmHg). Kebalikan dari hipertensi adalah **hipotensi**. Hipotensi merupakan penyakit tekanan darah rendah. Penderita hipotensi memiliki nilai sistol di bawah 100 mmHg. Hipotensi memiliki gejala, seperti lesu, pusing, gangguan penglihatan, dan sering pingsan.

b. Arteriosklerosis

Arteriosklerosis merupakan penyakit berupa pengapuran pembuluh darah karena endapan lemak. Apabila pembuluh darah tersumbat oleh endapan zat kapur, penyakit tersebut dinamakan arteriosklerosis. Kedua penyakit tersebut dapat mengakibatkan darah tidak dapat mengalir.



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Kata Kunci

- Tekanan diastol
- Tekanan sistol

Gambar 4.11
Pengukuran tekanan darah

Logika Biologi

Pecahnya pembuluh darah di otak dapat menyebabkan stroke. Apakah yang terjadi pada sel-sel otak ketika pembuluh darah pecah?

Gambar 4.12
(a) Arteri normal dan (b) arteri yang tersumbat akibat endapan lemak

c. Gagal Jantung

Gagal jantung adalah penyakit akibat penurunan kekuatan kontraksi otot jantung. Hal tersebut akan mengakibatkan volume peredaran darah ke seluruh tubuh berkurang. Gejala gagal jantung berupa cepat lelah, sesak napas, dan jantung membengkak.

Tes Kompetensi Subbab B

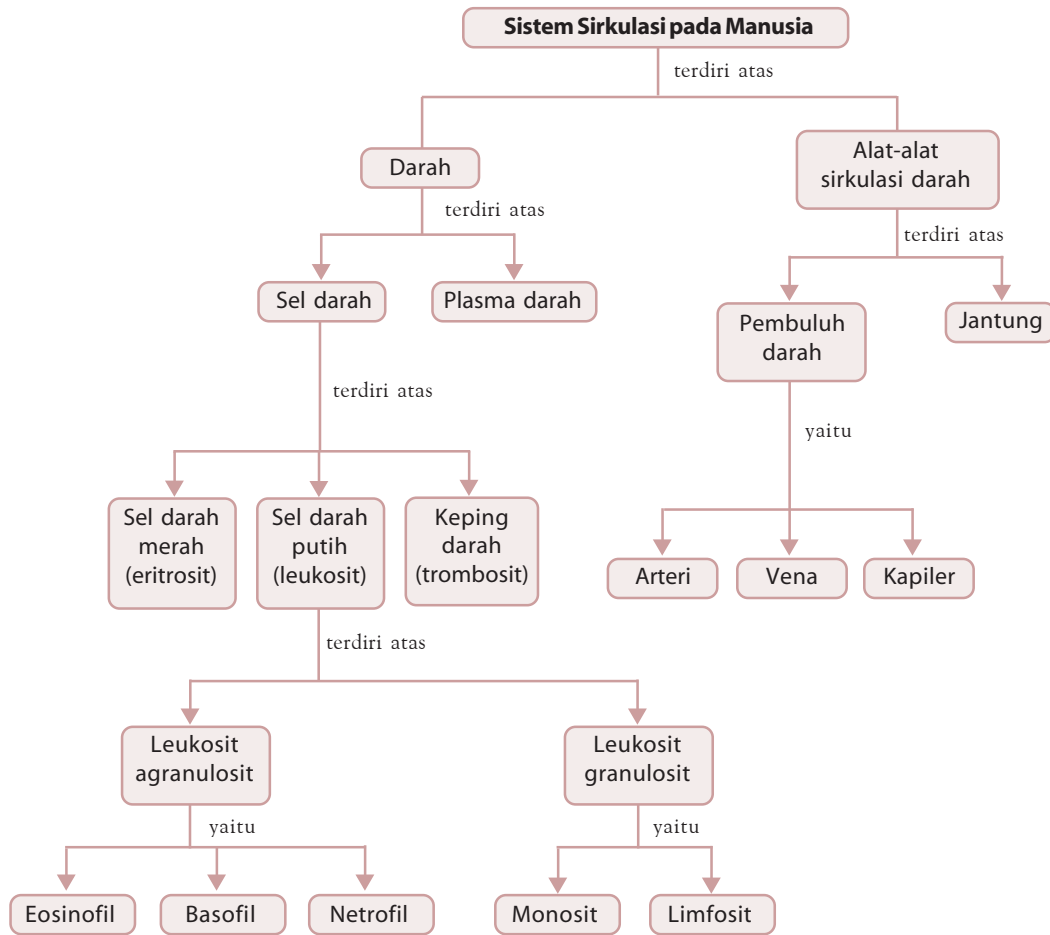
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan bagian-bagian jantung.
2. Jelaskan mekanisme peredaran darah pada manusia.
3. Apakah perbedaan arteri dan vena?
4. Tuliskan macam-macam peredaran darah pada manusia.

Rangkuman

1. Darah dan sistem peredaran darah manusia memiliki beberapa fungsi, seperti mengedarkan sari makanan dari sistem pencernaan makanan; mengedarkan oksigen dari sistem respirasi; mengangkut sisa metabolisme; mengangkut hormon dari kelenjar endokrin; membantu keseimbangan cairan tubuh; serta membantu dalam pengaturan suhu tubuh.
2. Sistem peredaran darah pada manusia tersusun atas darah dan organ-organ peredaran darah (jantung dan pembuluh darah).
3. Darah tersusun atas dua komponen utama, yaitu plasma darah dan sel-sel darah.
4. Plasma darah tersusun atas air dan bahan-bahan terlarut, seperti protein, garam-garam, nutrisi, hormon, dan karbon dioksida.
5. Sel-sel darah tersusun atas sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit).
6. Berdasarkan komposisi aglutinogen dan aglutininnya, golongan darah manusia dibedakan menjadi golongan darah A, B, AB, dan O. Penggolongan darah ABO ini berperan dalam transfusi darah. Transfusi darah adalah proses pemindahan darah dari tubuh seseorang kepada tubuh orang lain.
7. Sistem peredaran darah pada manusia memiliki organ pendukung, yaitu jantung dan pembuluh darah.
8. Jantung merupakan pusat dari sistem peredaran darah manusia. Jantung berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung terbagi menjadi empat ruang, yaitu dua atrium (serambi) dan dua ventrikel (bilik).
9. Pembuluh darah berfungsi mengalirkan darah dari jantung ke seluruh tubuh ataupun sebaliknya. Pembuluh darah dibagi menjadi arteri, arteriol, kapiler, venula, dan vena.
10. Manusia memiliki dua macam peredaran darah, yaitu peredaran darah kecil (pulmonalis) dan peredaran darah besar (sistemik). Peredaran darah pulmonalis dimulai dari jantung menuju paru-paru dan kembali ke jantung. Adapun peredaran darah sistemik dimulai dari jantung ke seluruh tubuh dan kembali ke jantung.

Peta Konsep

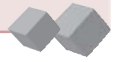


Refleksi

Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi **Sistem Peredaran Darah pada Manusia** ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda dapat menjaga jantung dengan cara memakan makanan sehat dan berpola hidup sehat.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan atau penyakit pada sistem peredaran darah. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.

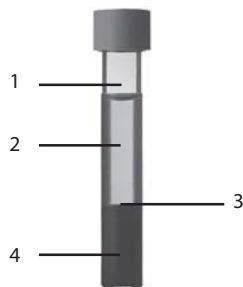


Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

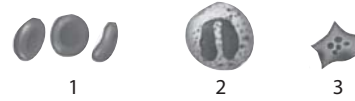
- Pernyataan berikut yang *tidak* termasuk fungsi sistem peredaran darah adalah
 - mengedarkan sari makanan
 - mengedarkan oksigen
 - pengangkutan sisa metabolisme
 - keseimbangan cairan tubuh
 - penghantaran impuls
- Cairan pada darah disebut
 - plasma darah
 - hormon
 - trombosit
 - sampah nitrogen
 - eritrosit
- Pernyataan berikut yang termasuk ke dalam fungsi plasma darah adalah
 - pembentuk sel darah merah
 - mengatur keseimbangan osmosis darah di dalam tubuh
 - pertahanan tubuh
 - penggumpalan darah
 - mengedarkan oksigen ke seluruh tubuh.

Untuk soal nomor 4 dan 5, perhatikan gambar berikut.



- Apabila darah disentrifugasi, sel-sel darah merah akan berada pada nomor
 - 1
 - 2
 - 4
 - 1 dan 2
 - 2 dan 3
- Protein albumin, garam-garam, dan hormon berada pada bagian bernomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 1 dan 2
 - 2 dan 3

Untuk soal nomor 6–8, perhatikan gambar berikut.



- Bagian yang ditunjukkan oleh nomor adalah

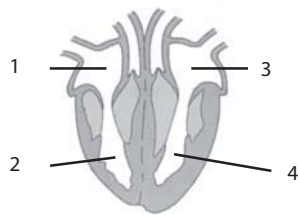
	Eritrosit	Leukosit	Trombosit
a.	1	2	3
b.	3	2	1
c.	2	1	3
d.	1	3	2
e.	3	1	2

- Nomor 1 dan 2 berfungsi

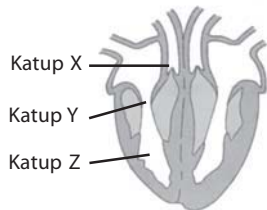
	Eritrosit	Trombosit
a.	Penggumpalan darah	Membuat antibodi
b.	Mengedarkan oksigen	Penggumpalan darah
c.	Kekebalan tubuh	Mengedarkan oksigen
d.	Mengedarkan oksigen	Kekebalan tubuh
e.	Kekebalan tulang	Penggumpalan darah

- Hemoglobin terdapat pada nomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 1 dan 2
 - 2 dan 3
- Pada proses penggumpalan darah, perubahan protrombin menjadi trombin dipicu oleh ion
 - Na^+
 - Fe
 - Ca^{2+}
 - K^+
 - Cl
- Golongan darah A, B, O, dan AB merupakan sistem pengelompokan darah berdasarkan
 - sel-sel darah
 - trombosit
 - plasma darah
 - usia
 - aglutinogen darah dan aglutinin
- Produksi sel darah putih melebihi batas normal merupakan ciri penyakit
 - anemia
 - leukemia
 - thalasemia
 - jantung
 - sickle cell anemia*

Untuk soal nomor 12–14, perhatikan gambar berikut.



12. Ruang jantung berfungsi menerima darah dari seluruh tubuh adalah nomor
- a. 1
b. 2
c. 3
d. 4
e. 1 dan 4
13. Kemampuan memompa darah yang paling kuat dimiliki oleh ruang jantung dengan nomor
- a. 1
b. 2
c. 3
d. 4
e. 2 dan 3
14. Katup-katup pada jantung berfungsi
- a. memompa darah menuju pembuluh darah
b. menyaring darah
c. mengurangi gesekan saat jantung berdenyut
d. kontraksi otot jantung
e. mengatur aliran darah agar tidak bercampur
15. Perhatikan gambar berikut.



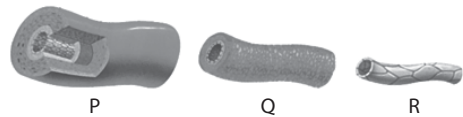
Ketika darah keluar dari Z, katup X dan katup Y akan

	Katup X	Katup Y
a.	menutup	menutup
b.	menutup	membuka
c.	membuka	menutup
d.	membuka	membuka
e.	diam	diam

16. Cairan perikardium pada jantung berfungsi
- a. memompa darah
b. menyaring darah
c. mengurangi gesekan saat jantung berdenyut
d. kontraksi jantung
e. membasahi jantung

17. Fungsi pembuluh darah adalah
- a. memompa darah
b. mengalirkan darah
c. menyaring darah
d. membuang darah
e. memberi nutrisi pada darah

Untuk soal nomor 18 dan 19, perhatikan gambar berikut.

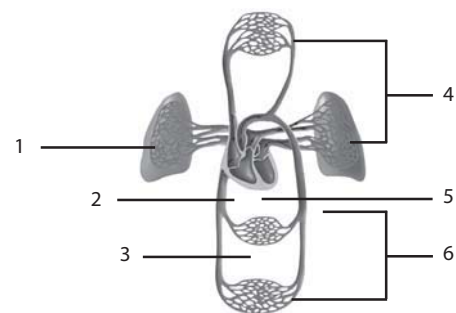


18. Ketiga jenis pembuluh darah tersebut adalah

	Arteri	Kapiler	Vena
a.	P	Q	R
b.	P	R	Q
c.	R	P	Q
d.	R	Q	P
e.	Q	R	P

19. Pembuluh darah P memiliki dinding yang tebal untuk
- a. mencegah kebocoran sel darah putih
b. mencegah masuknya bakteri
c. mencegah darah mengalir
d. menahan tekanan darah yang tinggi
e. menahan tekanan darah yang rendah
20. Pernyataan yang benar mengenai seluruh arteri di tubuh manusia adalah
- a. membawa darah yang kaya O_2
b. memiliki katup
c. memiliki dinding yang tipis
d. membawa darah yang kaya CO_2
e. membawa darah dari jantung
21. Vena cava superior adalah vena yang membawa darah yang kaya CO_2 menuju ...
- a. atrium kiri
b. atrium kanan
c. ventrikel kiri
d. ventrikel kanan
e. aorta

Untuk soal nomor 22–24, perhatikan skema peredaran darah manusia berikut.



22. Ventrikel kiri ditunjukkan oleh nomor

- a. 6
- b. 5
- c. 4
- d. 3
- e. 2

23. Darah yang kaya oksigen akan masuk ke ruang jantung dengan nomor

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 5

24. Peredaran darah pulmonalis ditunjukkan oleh nomor

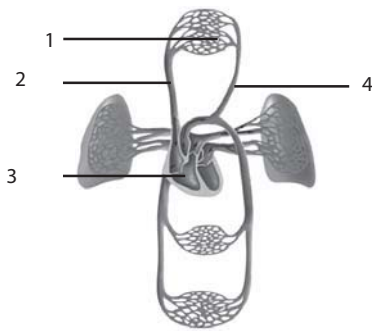
- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 5

25. Penyakit akibat penurunan kekuatan kontraksi otot jantung adalah

- a. thalasemia
- b. anemia
- c. gagal jantung
- d. hipertensi
- e. arterosklerosis

B. Soal Uraian

1. Tuliskan fungsi sistem peredaran darah.
2. Jelaskan komposisi darah.
- 3.

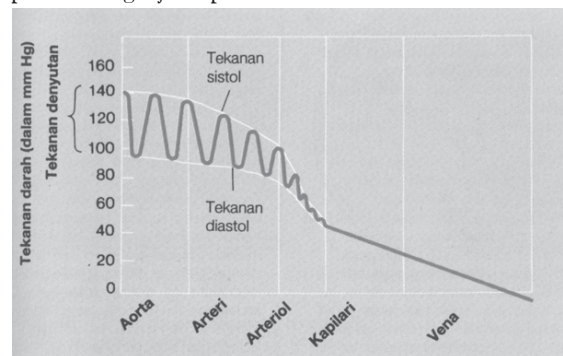


- a. Tuliskan organ dengan nomor 1 sampai dengan nomor 4.
- b. Mengapa organ 3 memiliki peran penting dalam sistem peredaran darah?
4. Tuliskan komponen sel-sel darah beserta fungsinya.
5. Tuliskan tiga penyakit pada sistem peredaran darah manusia.

C. Soal Tantangan

1. Tono memiliki plasma darah yang tidak mengandung bahan yang diperlukan dalam perubahan protombin menjadi trombin. Apa yang akan terjadi, apabila Tono mengalami luka?
2. Biasanya, laju pembentukan sel darah merah sebanding dengan laju penghancurannya. Menurut Anda, apa yang terjadi jika seseorang mendonorkan darahnya? Bagaimana perbandingan keduanya?

3. Tekanan darah dapat diukur dengan menggunakan tensimeter. Grafik berikut menunjukkan tekanan darah pada berbagai jenis pembuluh darah.



Berdasarkan gambar tersebut, jawablah pertanyaan berikut.

- a. Berapakah tekanan diastol tertinggi?
- b. Di manakah tekanan darah tertinggi?
- c. Mengapa tekanan darah di kapiler lebih tinggi daripada tekanan darah di vena?

Proyek Semester 1



Kelainan, Gangguan, dan Penyakit Sistem Organ

Setelah mempelajari tentang sistem organ manusia, Anda tentunya dapat memahami bahwa tubuh manusia bekerja menurut suatu mekanisme yang teratur dan tertata sempurna. Walaupun begitu, mekanisme organ-organ tubuh tersebut dapat terganggu akibat penyakit. Penyakit tersebut dapat terjadi pada sistem pernapasan, sistem pencernaan, sistem saraf, atau sistem organ lainnya.

Agar Anda dapat memahami materi sistem organ dengan lebih baik, lakukan observasi di salah satu rumah sakit di kota Anda. Sebelum melakukan observasi tersebut, mintalah surat pengantar dari sekolah Anda sebagai perizinan ke pihak rumah sakit. Hal-hal yang akan Anda lakukan dalam observasi tersebut terbagi atas dua, yaitu:

1. Observasi penyakit. Dalam observasi ini, Anda harus dapat mengidentifikasi jenis penyakit, gejala-gejala penyakit tersebut, penyebab penyakit dan cara penanggulangannya, serta menggolongkan penyakit tersebut berdasarkan sistem organ yang diserangnya.
2. Observasi peralatan kedokteran. Dalam observasi ini, Anda diminta untuk mengamati berbagai alat-alat kedokteran yang digunakan di rumah sakit tersebut. Jangan lupa untuk mencatat nama, cara penggunaannya, serta manfaat alat kedokteran tersebut.

Setelah data-data observasi Anda terkumpul, buatlah sebuah laporan yang dapat menyajikan data-data tersebut dengan baik. Anda dapat berkonsultasi dengan guru Anda, jika Anda menemukan kesulitan dalam penyusunan laporan tersebut. Kemudian, presentasikanlah laporan observasi Anda tersebut di depan kelas.

Evaluasi Kompetensi Biologi

Semester 1

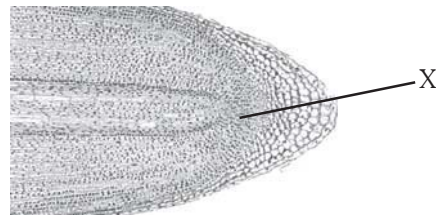
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

- Membran sel merupakan bagian yang penting dalam sel. Berikut ini yang *bukan* merupakan fungsi membran sel adalah
 - pelindung
 - reseptor dari luar
 - efektor
 - pembatas antara isi sel dan lingkungan
 - mengendalikan pertukaran zat
- Respirasi sel terjadi pada
 - lisosom
 - mitokondria
 - nukleus
 - ribosom
 - badan Golgi
- Mitokondria banyak terdapat sel-sel otot dan sel-sel saraf karena
 - memerlukan banyak energi
 - terjadi oksidasi lemak
 - terjadi oksidasi glukosa
 - memerlukan banyak air
 - memerlukan banyak oksigen
- Nukleus mengandung substansi genetik dalam bentuk
 - nukleoplasma
 - nukleolus
 - ribosom
 - kromatin
 - selaput inti
- Perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan, antara lain

Sel Tumbuhan	Sel Hewan
a. ada dinding sel	tidak ada dinding sel
b. ada lisosom	tidak ada lisosom
c. tidak memiliki	plastida
d. membran sel	dinding sel
e. memiliki inti	tidak memiliki inti
- Oksigen di dalam paru-paru masuk ke dalam sel darah merah untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Masuknya oksigen ke dalam darah terjadi melalui proses
 - endositosis
 - eksositosis
 - osmosis
 - difusi
 - transpor aktif

- Jaringan epitel transisi terdapat pada
 - kandung kemih
 - saluran pernapasan
 - lensa mata
 - tuba Fallopi
 - kelenjar keringat
- Jaringan yang berguna melindungi bagian tubuh tumbuhan adalah
 - parenkim
 - sklerenkim
 - kolenkim
 - kambium
 - epidermis
- Jaringan di bawah ini termasuk jaringan ikat, *kecuali*
 - jaringan darah
 - jaringan tulang
 - jaringan saraf
 - jaringan ikat longgar
 - jaringan ikat padat
- Perhatikan gambar ujung akar tumbuhan berikut.



Bagian X disusun oleh sel-sel yang selalu aktif membelah, yaitu jaringan

- epidermis
 - meristem
 - kolenkim
 - sklerenkim
 - xilem
- Saluran pencernaan, misalnya lambung dan usus, tersusun atas jaringan epitel
 - kubus selapis
 - pipih berlapis
 - silindris selapis
 - silindris berlapis
 - kubus berlapis

12. Manusia berkeringat karena dalam kulitnya mengandung jaringan epitel
 - a. transisi
 - b. endokrin
 - c. kubus
 - d. pipih
 - e. kelenjar
13. Tulang bersifat keras karena banyak mengandung senyawa
 - a. kapur dan besi
 - b. kapur dan nitrat
 - c. fosfat dan nitrat
 - d. kapur dan fosfat
 - e. nitrat dan besi
14. Tulang lengan bawah terdiri atas tulang
 - a. radius dan ulna
 - b. radius dan humerus
 - c. radius dan metakarpal
 - d. ulna dan humerus
 - e. karpal dan metakarpal
15. Persendian antara tulang-tulang yang menyusun tengkorak disebut sendi
 - a. sinfibrosis
 - b. sinartrosis
 - c. diartrosis
 - d. sinkondrosis
 - e. endartrosis
16. Gerakan pada siku, lutut, dan ruas-ruas jari termasuk tipe
 - a. depresi
 - b. ekstensi
 - c. abduksi
 - d. rotasi
 - e. elastisitas
17. Gerakan otot berkontraksi membutuhkan energi yang berasal dari penguraian
 - a. glukosa
 - b. glikogen
 - c. asam laktat
 - d. ATP
 - e. asam piruvat
18. Setiap satuan sel-sel tulang melingkari suatu pembuluh darah dan saraf yang membentuk suatu sistem disebut
 - a. sistem endokrin
 - b. sistem saraf
 - c. sistem eksresi
 - d. sistem Havers
 - e. sistem kelenjar
19. Oksigen dan karbon dioksida akan diikat oleh eritrosit karena memiliki
 - a. hemosianin
 - b. hemoglobin
 - c. protrombin
 - d. fibrinogen
 - e. trombosit
20. Ion kalsium dan vitamin K membantu dalam proses penggumpalan darah, yaitu untuk mengubah
 - a. trombosit menjadi tromboplastin
 - b. fibrinogen menjadi fibrin
 - c. protrombin menjadi trombin
 - d. hemoglobin menjadi hemin
 - e. eritrosit menjadi bilirubin
21. Komponen berikut yang *tidak* terdapat di dalam plasma darah yaitu
 - a. fibrinogen
 - b. trombinogen
 - c. albumin
 - d. oksigen
 - e. globulin
22. Sel-sel darah berikut ini yang menurun jumlahnya ketika seseorang menderita penyakit demam berdarah adalah
 - a. monosit
 - b. trombosit
 - c. basofil
 - d. eosinofil
 - e. leukosit
23. Sel darah putih yang termasuk granulosit adalah
 - a. neutrofil, basofil, monosit
 - b. neutrofil, basofil, eisinofil
 - c. basofil, eosinofil, monosit
 - d. basofil, eosinofil, limfosit
 - e. eosinofil, monosit, limfosit
24. Jantung yang terus-menerus bekerja memompa darah ke seluruh bagian tubuh, mendapat makanan dan oksigen dari darah yang diangkut oleh
 - a. vena pulmonalis
 - b. vena cava anterior
 - c. vena cava posterior
 - d. arteri pulmonalis
 - e. arteri koronaria
25. Denyutan pembuluh arteri dapat dirasakan. Hal ini disebabkan oleh adanya
 - a. ventrikel berkontraksi
 - b. atrium berkontraksi
 - c. ventrikel berelaksasi
 - d. atrium berelaksasi
 - e. jantung berelaksasi

B. Soal Uraian

1. Berdasarkan fungsinya, apa yang terjadi apabila nukleus dihilangkan dari sel?
2. Apakah perbedaan antara mekanisme osmosis, difusi, transpor aktif, endositosis, dan eksositosis? Buatlah dalam bentuk tabel.
3. Sebutkan macam-macam jaringan ikat disertai fungsi dan contohnya.
4. Jika terjadi luka pada kulit, luka tersebut dapat menutup dan kulit pulih kembali. Mengapa hal itu dapat terjadi? Jelaskan.
5. Jelaskan proses pembentukan tulang.
6. Sebutkan tulang-tulang penyusun rangka aksial.
7. Sebutkan macam-macam hubungan antartulang beserta contohnya.
8. Apakah perbedaan antara peredaran darah pulmonalis dan peredaran darah sistemik?
9. Apakah fungsi darah?
10. Jelaskan secara singkat mengenai proses penggumpalan darah.

Bab 5



Sumber: *Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran*, 1995

Buah-buahan dan sayuran adalah jenis makanan yang banyak mengandung vitamin.

Sistem Pencernaan Makanan

Hasil yang harus Anda capai:

menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan/penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem pencernaan makanan pada manusia dan hewan (misalnya ruminansia).

Sebelumnya, Anda telah mempelajari materi tentang sistem peredaran darah pada manusia. Sistem peredaran darah merupakan salah satu sistem pada tubuh manusia yang berfungsi mengedarkan darah dari jantung ke seluruh tubuh.

Pada bab ini, Anda akan mempelajari materi tentang sistem pencernaan makanan. Setiap makhluk hidup pasti memerlukan makanan untuk kelangsungan hidupnya. Berapa kali Anda makan dalam satu hari?

Sebelum diserap oleh tubuh, makanan perlu dicerna menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Untuk itu, setiap makhluk hidup memiliki organ-organ pencernaan untuk mencerna makanan. Zat makanan apa sajakah yang diperlukan oleh tubuh? Organ-organ pencernaan apa sajakah yang berperan dalam tubuh manusia? Pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat Anda jawab setelah mempelajari materi pada bab ini.

A. Zat-Zat Makanan

B. Sistem Pencernaan pada Manusia

C. Sistem Pencernaan pada Hewan

Tes Kompetensi Awal

1. Zat-zat makanan apa sajakah yang Anda ketahui?
2. Apakah manfaat makanan bagi tubuh?



A. Zat-Zat Makanan

Makanan apakah yang sangat Anda sukai? Pada umumnya, orang menyukai suatu makanan karena rasanya. Makanan adalah sesuatu yang dapat dimakan dan berguna bagi tubuh. Makanan yang berguna bagi tubuh yaitu makanan yang mengandung gizi atau zat-zat makanan. Makanan memiliki beberapa fungsi, yaitu:

1. sebagai sumber energi;
2. pertumbuhan dan perkembangan tubuh;
3. perbaikan sel-sel yang rusak atau tua;
4. berperan dalam metabolisme tubuh;
5. sebagai pertahanan tubuh dari bibit penyakit.

Zat-zat kimiawi yang terkandung dalam bahan makanan disebut sebagai zat makanan atau **nutrisi (nutrien)**. Zat-zat apa sajakah yang terdapat dalam makanan?

1. Karbohidrat

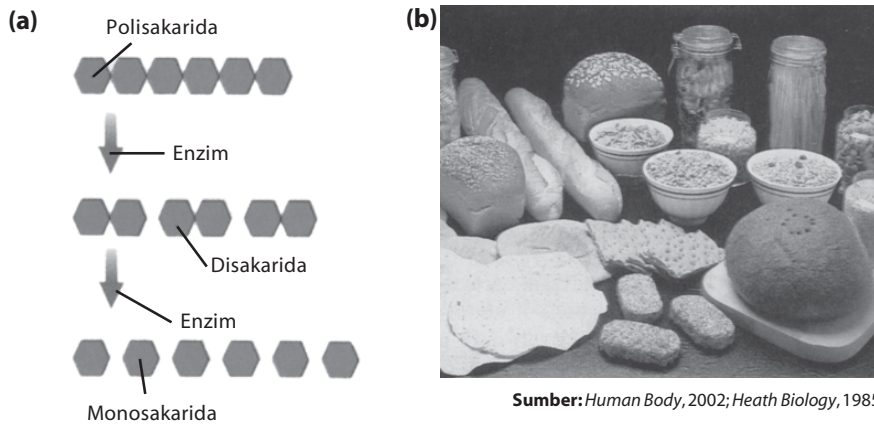
Apakah Anda setiap hari makan nasi? Nasi merupakan salah satu makanan pokok yang banyak mengandung karbohidrat. Karbohidrat merupakan sumber energi yang paling utama. Menurut ukuran molekulnya, karbohidrat dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

- a. Monosakarida, merupakan karbohidrat yang memiliki susunan molekul paling sederhana. Molekul gugus gula yang termasuk monosakarida, yaitu glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Ketiga macam monosakarida tersebut banyak terdapat pada buah-buahan. Monosakarida adalah hasil akhir pemecahan dari karbohidrat yang lebih kompleks susunan molekulnya.
- b. Disakarida, terdiri atas dua molekul monosakarida. Contoh disakarida adalah sukrosa, maltosa, dan laktosa. Sukrosa terdapat dalam gula pasir yang sering dikonsumsi. Maltosa banyak terdapat di dalam biji-bijian. Adapun laktosa adalah karbohidrat yang terdapat dalam bahan makanan yang berasal dari hewan, misalnya air susu. Ketiga disakarida tersebut harus diubah terlebih dahulu menjadi glukosa sebelum digunakan oleh tubuh.
- c. Polisakarida, merupakan karbohidrat yang memiliki susunan molekul yang kompleks. Polisakarida tersusun atas banyak molekul-molekul monosakarida. Contoh polisakarida adalah pati, glikogen, dan selulosa. Pati banyak terdapat di dalam umbi-umbian. Glikogen banyak terdapat di dalam otot dan hati hewan. Adapun selulosa banyak terdapat di bagian serat tumbuhan.

Selain di dalam nasi, karbohidrat banyak terkandung di dalam gandum, jagung, gula, ubi, dan buah-buahan. Di dalam menu makanan sehari-hari, sekitar 60–80% energi yang didapat berasal dari karbohidrat.

Kata Kunci

- Karbohidrat
- Monosakarida



Gambar 5.1

(a) Tiga macam karbohidrat dan
(b) berbagai makanan yang mengandung karbohidrat.

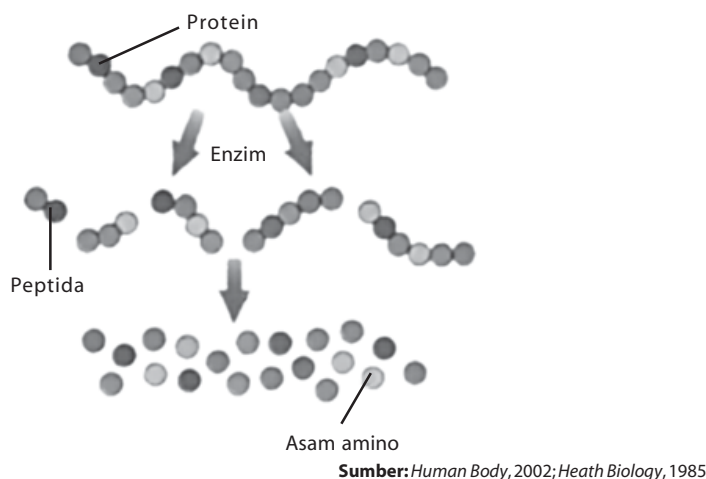
2. Protein

Protein adalah zat makanan yang mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan nitrogen (N). Molekul-molekul protein dapat pula mengandung unsur fosfor (P), belerang (S) dan sedikit besi (Fe), serta tembaga (Cu).

Protein adalah suatu zat makanan yang sangat penting bagi tubuh. Protein memiliki beberapa fungsi seperti berikut ini:

- sumber energi atau bahan bakar tubuh;
- sebagai zat pembangun dalam pertumbuhan;
- berperan dalam sintesis zat-zat penting tubuh, seperti hormon dan enzim;
- perbaikan dan pemeliharaan jaringan tubuh.

Sebelum diserap oleh tubuh, protein harus diubah terlebih dahulu menjadi asam amino. Dalam molekul protein, asam amino saling berhubungan dengan suatu ikatan yang disebut ikatan peptida. Suatu molekul protein dapat tersusun atas ratusan asam amino. Perhatikan **Gambar 5.2**.



Kata Kunci

- Asam amino esensial
- Asam amino nonesensial
- Protein

Gambar 5.2

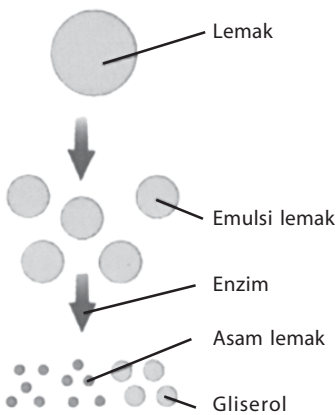
Protein tersusun atas asam amino

Asam amino dibagi menjadi dua macam, yaitu **asam amino esensial** dan **asam amino nonesensial**. Asam amino esensial adalah asam amino yang tidak dapat disintesis atau dibentuk oleh tubuh. Asam amino esensial diperoleh melalui makanan. Adapun asam amino nonesensial adalah asam amino yang dapat disintesis oleh tubuh. Perhatikan **Tabel 5.1**.



Sumber: Heath Biology, 1985

Gambar 5.3
Beberapa jenis makanan yang mengandung protein



Sumber: Human Body, 2002

Gambar 5.4
Lemak tersusun atas gliserol dan asam lemak

Gambar 5.5
Beberapa jenis makanan yang mengandung lemak



Sumber: Heath Biology, 1985

Kata Kunci

- Asam lemak
- Lemak

Tabel 5.1 Asam Amino Esensial dan Asam Amino Nonesensial

No	Asam Amino Esensial	No	Asam Amino Nonesensial
	Untuk Dewasa		
1.	fenilalanin	1.	alanin
2.	isoleusin	2.	asparagin
3.	leusin	3.	asam aspartat
4.	lisin	4.	asam glutamat
5.	metionin	5.	glisin
6.	treonin	6.	glutamin
7.	triptofan	7.	prolin
8.	valin	8.	serin
9.	histidin	9.	sistein
	Untuk Bayi	10.	tirosin
10.	arginin		

Bahan-bahan makanan yang banyak mengandung protein dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu **protein hewani** dan **protein nabati**. Protein hewani adalah protein yang diperoleh dari hewan, seperti daging, telur, dan ikan. Adapun protein nabati adalah protein yang diperoleh dari tumbuhan, seperti kacang-kacangan.

3. Lemak

Seperti halnya protein, lemak pun tersusun atas unsur C, H, O dan kadang-kadang P dan N. Lemak sering disebut pula sebagai lipid. Di dalam satu molekul lemak, terdapat satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak. Perhatikan **Gambar 5.4**.

Asam lemak dibedakan menjadi dua, yaitu **asam lemak jenuh** dan **asam lemak tak jenuh**. Asam lemak jenuh banyak terdapat pada daging, keju, susu dan mentega. Adapun asam lemak tak jenuh terdapat pada minyak kedelai, minyak kelapa, ikan, dan minyak jagung.

Setiap hari, tubuh membutuhkan energi yang berasal dari lemak sekitar 20%–25% dari total kebutuhan energi. Oleh karena itu, lemak merupakan sumber energi bagi tubuh. Selain itu, lemak memiliki beberapa fungsi seperti pelarut vitamin (A, D, E, dan K), pelindung organ-organ tubuh, pembangun bagian sel, dan sebagai makanan cadangan.

Lemak memerlukan waktu yang lebih lama untuk dicerna dibandingkan dengan karbohidrat dan protein. Oleh karena itu, lemak akan lebih lama tinggal di lambung. Hal ini memberikan rasa kenyang yang lebih lama.

4. Vitamin

Pada mulanya, para ilmuwan menduga bahwa gizi atau zat makanan yang diperlukan hanya karbohidrat, protein, dan lemak. Akan tetapi, pada akhirnya para ilmuwan menemukan bahwa terdapat zat makanan lain yang diperlukan. Zat tersebut adalah vitamin.

Vitamin adalah zat organik yang diperlukan oleh tubuh dalam jumlah sedikit. Meskipun diperlukan dalam jumlah sedikit, vitamin memiliki peran sangat penting bagi tubuh, seperti untuk kesehatan mata dan tulang.

Semua jenis vitamin yang diketahui dapat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu vitamin yang larut dalam air dan vitamin yang larut dalam lemak. Vitamin yang larut dalam air adalah vitamin C dan B. Adapun vitamin yang larut dalam lemak adalah vitamin A, D, E, dan K. Untuk lebih memahami jenis-jenis vitamin dan fungsinya, perhatikan Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Macam-Macam Vitamin

Vitamin	Sumber	Fungsi	Kebutuhan Per Hari	Gejala Kekurangan
Larut dalam air				
Vitamin B ₁ (tiamin)	Ragi, hati, daging merah, dan biji-bijian	Metabolisme karbohidrat	1,5 mg	Beri-beri, kerusakan jantung, dan kulit lembam
Vitamin B ₂ (riboflavin)	Susu, telur, dan sayuran	Metabolisme energi dan pertumbuhan	1,8 mg	Luka pada mulut dan kulit lebam
Vitamin B ₃ (niasin)	Daging merah, unggas, dan hati	Metabolisme energi	20 mg	Pelagra, kerusakan kulit kelamin, dan gangguan mental
Vitamin B ₆ (piridoksin)	Susu, hati, dan padi	Metabolisme asam amino	2 mg	Anemia, pertumbuhan yang terhambat, dan kejang otot
Vitamin B ₁₂	Daging, susu, dan telur	Produksi sel darah merah	0,003 mg	Anemia dan gangguan saraf
Asam pantotenat	Hati, daging, telur, dan hampir semua makanan	Metabolisme energi	5–10 mg	Gangguan sistem reproduksi dan hormon
Asam folat	Biji-bijian, telur, dan hati	Koenzim dalam jalur biosintesis	0,4 mg	Anemia, pertumbuhan terhambat, dan pembentukan sel darah putih terhambat
Biotin	Ragi, sayuran, dan telur	Koenzim dalam berbagai metabolisme	Tidak diketahui	Gangguan kulit dan rambut, gangguan saraf, dan gangguan otot
Vitamin C (asam askorbat)	Jeruk, tomat, kentang, dan sayuran	Pembentukan kartilago	45 mg	Kudis dan pendarahan kulit
Larut dalam lemak				
Vitamin A (retinol)	Buah-buahan, sayuran, susu dan hati	Kesehatan kulit dan mata	1 mg	Rabun senja dan gangguan kulit
Vitamin D (kalsiferol)	Susu, minyak ikan, dan telur	Penyerapan kalsium	0,01 mg	Kelainan tulang dan gigi
Vitamin E (tokoferol)	Daging, sayuran, dan biji-bijian	Kesehatan sel darah merah	15 mg	Anemia
Vitamin K	Sayuran hijau	Penggumpalan darah	0,03 mg	Gangguan penggumpalan darah



Sekilas Biologi

Membaca label makanan dengan benar dapat mendukung diet Anda. Terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan petunjuk untuk melihat komposisi makanan yang terdapat di dalam produk makanan tersebut. Misalnya, informasi gizi, kadar kalori, kalori dari lemak, dan komposisi makanan. Angka yang tercantum di label makanan menggunakan persen (nilai harian). Hal ini dapat membantu Anda menentukan besarnya kandungan zat makanan yang dibutuhkan per harinya.

Sumber: www.kompas.com.

Sumber: *Biology, Discovering Life*, 1991

Dalam satu piring nasi goreng, zat makanan apa saja yang terkandung di dalamnya?

5. Mineral

Mineral diperlukan oleh tubuh dalam jumlah yang relatif sedikit. Sumber mineral dapat berasal dari tumbuhan maupun hewan. Mineral memiliki beberapa fungsi antara lain sebagai berikut.

- Sebagai bahan pembentuk berbagai jaringan tubuh, misalnya tulang dan gigi (Ca dan P), rambut, kuku, kulit (S), dan sel-sel darah merah (Fe).
- Sebagai bahan pengatur, seperti:
 - keseimbangan keasaman cairan tubuh;
 - proses penggumpalan darah (Ca);
 - saraf dan otot (Ca, K, dan Na);
 - metabolisme (Mg, P, dan S).

Tabel 5.3 Macam-Macam Mineral

Mineral	Sumber	Fungsi	Kebutuhan Per Hari	Gejala kekurangan
Kalsium (Ca)	Susu, keju, sayuran hijau, dan polong-polongan	Pertumbuhan tulang, penggumpalan darah, fungsi otot dan saraf	800 mg	Pertumbuhan terhambat, osteoporosis, dan kejang otot
Fosfor (P)	Susu, telur, dan daging	Pertumbuhan tulang dan gigi	800 mg	Gangguan tulang dan gigi
Sulfur (S)	Setiap makanan yang mengandung protein	Pembentukan kartilago dan tendon	Tidak diketahui	Gangguan tulang dan otot
Kalium (K)	Hampir di setiap makanan	Fungsi saraf dan otot	2.500 mg	Otot lemah, gangguan jantung, dan kematian
Klor (Cl)	Garam	Keseimbangan asam-basa tubuh, fungsi saraf dan otot, serta keseimbangan air dalam tubuh	2.000 mg	Gangguan usus dan muntah-muntah
Natrium (Na)	Garam	Keseimbangan asam-basa tubuh, fungsi saraf dan otot, dan keseimbangan air dalam tubuh	2.500 mg	Lemah, diare, dan kejang otot
Magnesium (Mg)	Sayuran hijau	Kofaktor enzim dan sintesis protein	350 mg	Kejang otot, pertumbuhan terhambat, dan detak jantung tak beraturan
Besi (Fe)	Telur, sayuran, dan daging	Hemoglobin (Hb)	10 mg	Anemia dan gangguan pada kulit
Fluor (F)	Air minum dan makanan laut	Memperkuat tulang dan gigi	2 mg	Gangguan tulang dan gigi
Seng (Zn)	Hampir di setiap makanan	Kofaktor enzim dan pertumbuhan jaringan	15 mg	Demam dan muntah-muntah
Tembaga (Cu)	Daging	Sintesis hemoglobin	2 mg	Anemia
Mangan (Mn)	Kuning telur dan sayuran hijau	Komponen beberapa enzim	3 mg	Tidak diketahui
Iod (I)	Makanan laut, susu, dan garam	Sintesis hormon tiroid	0,14 mg	Gondok
Kobalt (Co)	Daging, hati, dan susu	Bagian dari vitamin B ₁₂	Tercakup dalam vitamin B ₁₂	Tidak diketahui

Sumber: Biology: Discovering Life, 1991

Tugas Anda 5.1

Makanan yang kita konsumsi harus mengandung zat makanan yang lengkap. Buatlah daftar menu makanan setiap hari selama satu minggu, mencakup makan pagi, makan siang, dan makan malam. Buatlah menu yang dapat mencakup seluruh zat makanan yang dibutuhkan oleh tubuh.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

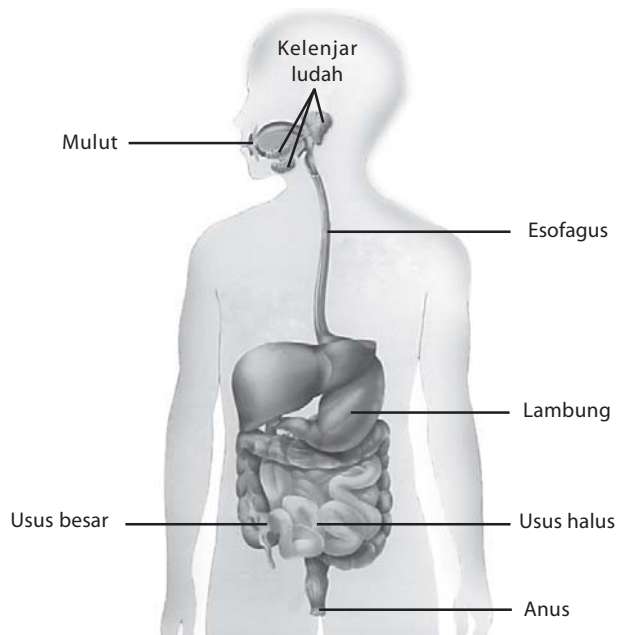
1. Tuliskan fungsi makanan.
2. Tuliskan syarat-syarat agar suatu makanan berguna bagi tubuh.

B. Sistem Pencernaan pada Manusia

Agar dapat digunakan oleh sel-sel tubuh, makanan yang kita makan harus dicerna atau dipecah menjadi molekul-molekul yang lebih kecil atau sederhana. Proses pencernaan tersebut berlangsung di dalam saluran pencernaan atau organ-organ pencernaan. Makanan dapat diserap oleh saluran pencernaan makanan dan diedarkan ke seluruh tubuh setelah berbentuk molekul-molekul yang kecil.

Secara umum, pencernaan dibagi menjadi **pencernaan secara mekanik** dan **pencernaan secara kimiawi**. Pencernaan secara mekanik merupakan proses pencernaan makanan menjadi molekul yang lebih kecil tanpa melibatkan enzim. Contoh pencernaan secara mekanik yaitu gigi yang sedang mengunyah makanan dengan bantuan enzim. Adapun pencernaan secara kimiawi adalah proses pemecahan makanan dengan bantuan enzim.

Organ-organ pencernaan terdiri atas **saluran pencernaan** dan **kelenjar pencernaan**. Saluran pencernaan terdiri atas **mulut**, **kerongkong** (esofagus), **lambung** (ventrikulus), **usus halus** (intestinum), **usus besar** (kolon), dan **anus**. Perhatikan Gambar 5.6.



Sumber: Science Library: Human Body, 2004

Gambar 5.6

Organ-organ pencernaan pada manusia

Logika Biologi

Ketika Anda mengunyah daging di mulut, apakah terjadi pencernaan kimiawi? Jika Anda langsung menelan sepotong daging, apakah hal tersebut baik dilakukan?

1. Mulut

Mulut merupakan organ pertama yang dilalui makanan atau tempat awal masuknya makanan. Pada mulut terjadi pencernaan secara mekanik dan kimiawi. Di dalam mulut terdapat lidah, gigi, dan kelenjar ludah. Lidah dan gigi berperan dalam pencernaan makanan secara mekanik melalui kunyahan. Adapun kelenjar ludah mencerna makanan secara kimiawi.

a. Lidah

Lidah berperan dalam pencernaan makanan secara mekanik. Lidah membantu dalam proses mengunyah, menelan, mengenali rasa, dan mengenali tekstur makanan.

Permukaan lidah dipenuhi oleh papila-papila. Di dalam papila terdapat puting-puting pengecap rasa asam, asin, manis, dan pahit. Selain itu, saraf pada lidah sensitif terhadap panas, dingin, dan tekanan.

b. Gigi

Gigi merupakan organ utama pada mulut yang berperan dalam pencernaan mekanik. Makanan yang masuk ke dalam mulut akan dipotong-potong dan dikoyak oleh gigi sehingga ukurannya lebih kecil. Makanan yang berukuran kecil akan mudah dicerna lebih lanjut oleh lambung.

Pada manusia, gigi tumbuh pertama kali pada usia sekitar enam bulan. Gigi yang pertama kali tumbuh disebut gigi susu. Gigi susu tersebut akan digantikan oleh gigi sulung pada usia 6 tahun–14 tahun, gigi sulung setelah itu akan digantikan oleh gigi tetap.

Rumus Gigi Susu

	M		C		I		I		C		M
Rahang atas	2	:	1	:	2		2	:	1	:	2
Rahang bawah	2	:	1	:	2		2	:	1	:	2

Rumus Gigi Tetap

	M		P		C		I		I		C		P		M
Rahang atas	3	:	2	:	1	:	2		2	:	1	:	2	:	3
Rahang bawah	3	:	2	:	1	:	2		2	:	1	:	2	:	3

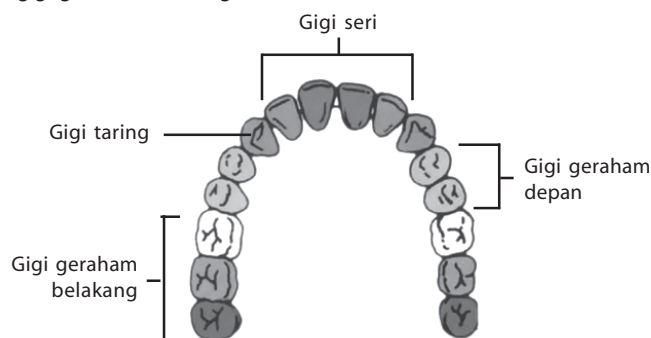
Keterangan:

I = incisor (gigi seri)

C = canin (gigi taring)

P = premolar (gigi geraham depan)

M = molar (gigi geraham belakang)



Gambar 5.7

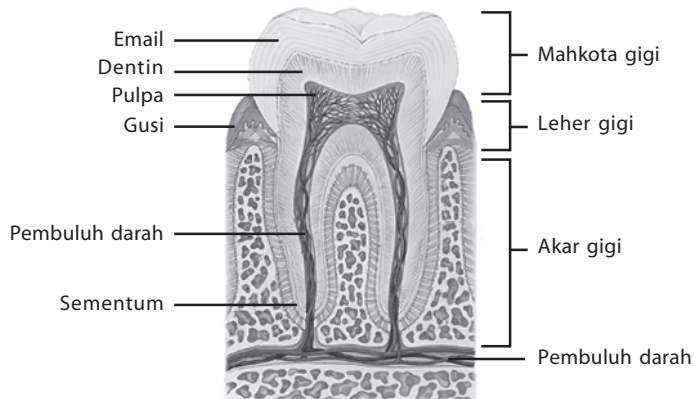
Jenis gigi pada manusia

Sumber: Human Body, 2002

Gigi tersusun atas beberapa bagian, yaitu mahkota, leher gigi, dan akar gigi. Mahkota merupakan bagian gigi yang terlihat dari luar. Adapun bagian leher dan akar gigi, tertutup oleh suatu lapisan yang disebut lapisan gusi.

Gigi tersusun atas empat macam jaringan, yaitu jaringan email, dentin, pulpa, dan sementum. Jaringan email merupakan jaringan gigi yang paling keras. Email ini melindungi mahkota gigi. Dentin merupakan komponen utama pembentuk gigi. Pada bagian dalam gigi terdapat pulpa (rongga gigi). Pulpa berisi pembuluh darah dan serabut saraf. Apakah fungsi pembuluh darah dan serabut saraf tersebut?

Sementum merupakan bagian dentin yang masuk ke rahang. Sementum menutupi akar gigi.

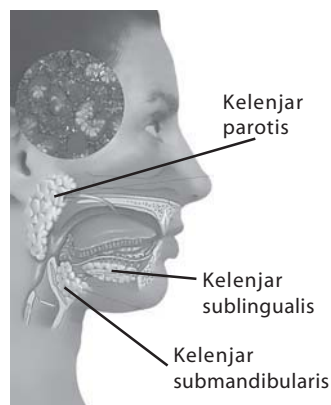


Sumber: Human Body, 2002

c. Kelenjar Ludah

Kelenjar ludah menghasilkan air ludah yang mengandung **enzim ptialin**. Enzim ptialin berfungsi mengubah karbohidrat (amilum) menjadi gula sederhana yaitu maltosa. Terdapat tiga macam kelenjar ludah, yaitu:

- 1) kelenjar parotis, merupakan kelenjar yang terletak di dekat daun telinga;
- 2) kelenjar sublingualis, merupakan kelenjar yang terletak di bawah lidah;
- 3) kelenjar submandibularis, merupakan kelenjar yang terletak di bawah rahang bawah.



Sumber: Human Body, 2002

Gambar 5.8

Struktur gigi



Fakta Biologi

Ketika Anda lapar dan mencium bau makanan, otak akan merangsang kelenjar ludah sehingga produksi ludah meningkat.

Sumber: Heath Biology, 1985

Gambar 5.9

Tiga macam kelenjar ludah

Tugas Anda 5.2

Amatilah gigi dari kelompok umur 5, 10, 15, dan 20 tahun. Buatlah rumus giginya dalam bentuk tabel. Kerjakan berkelompok.



Aktivitas Biologi 5.1

Fungsi Ludah

Tujuan

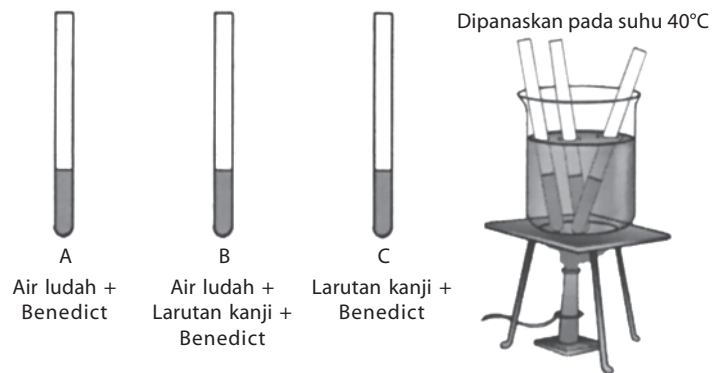
Menyimpulkan fungsi-fungsi ludah (saliva) pada proses pencernaan

Alat dan Bahan

1. Tiga buah tabung reaksi
2. Pipet tetes
3. Gelas kimia
4. Pembakar spiritus
5. Air
6. Larutan Benedict atau Fehling A dan Fehling B
7. Larutan amilum atau kanji

Langkah Kerja

1. Berilah label A, B, dan C pada ketiga tabung reaksi.
2. Bersihkan mulut dari sisa-sisa makanan, kemudian tampung air ludah pada tabung reaksi.
3. Isilah tabung reaksi A dengan air ludah sebanyak 5 mL, tabung reaksi B dengan larutan amilum 5 mL, sedangkan tabung reaksi C diisi dengan air ludah 5 mL dan larutan amilum 5 mL.
4. Tetesi ketiga tabung reaksi tersebut dengan larutan Fehling A dan B atau Benedict. Kemudian, simpan ketiga tabung reaksi tersebut pada pemanas air.



5. Amati perubahan yang terjadi pada setiap tabung reaksi. Catat hasil pengamatan Anda ke dalam tabel berikut.

Percobaan	Warna Larutan	
	Sebelum Dipanaskan	Setelah Dipanaskan
Tabung reaksi A Tabung reaksi B Tabung reaksi C		

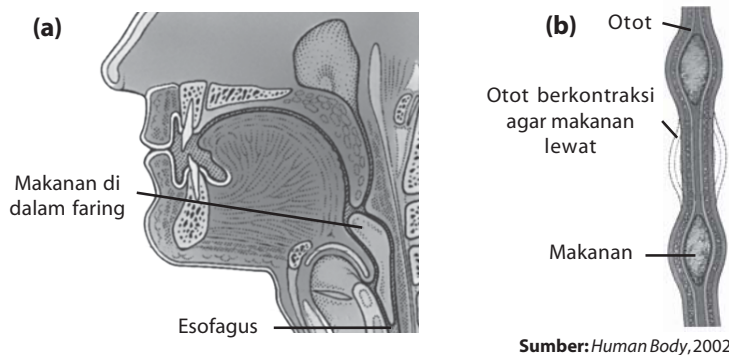
Pertanyaan

1. Apakah warna larutan pada tabung reaksi A, B, dan C sebelum dipanaskan?
2. Tabung reaksi manakah yang warnanya berubah setelah dipanaskan? Apakah artinya?
3. Apakah fungsi larutan Fehling A dan Fehling B atau Benedict pada percobaan tersebut?
4. Zat apakah yang terkandung di dalam ludah? Apakah fungsinya?
5. Rumuskan suatu kesimpulan mengenai fungsi ludah (saliva) di dalam proses pencernaan makanan.

2. Kerongkongan (Esofagus)

Makanan setelah dicerna di dalam mulut akan bergerak masuk ke dalam kerongkongan (esofagus). Esofagus memiliki bentuk menyerupai selang air atau tabung dengan panjang sekitar 25 cm. Esofagus berfungsi menghasilkan lendir dan mendorong makanan ke dalam lambung melalui gerak peristaltik.

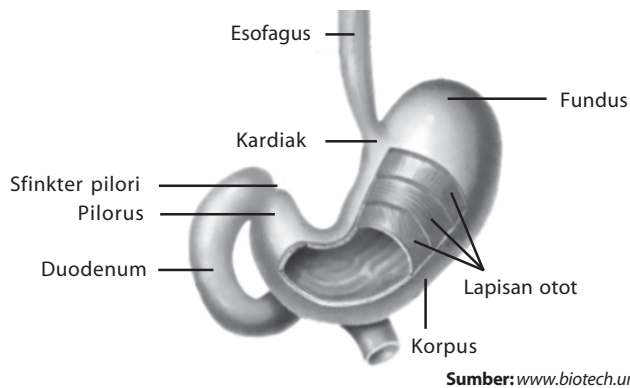
Makanan sebelum masuk ke dalam esofagus akan melewati tekak atau faring. Faring merupakan pertemuan antara saluran pencernaan dan saluran pernapasan. Agar makanan tidak masuk ke saluran pernapasan, pada faring terdapat **epiglottis**. Pada saat menelan, epiglottis akan menutup saluran pernapasan.



3. Lambung (Ventrikulus)

Makanan setelah dari esofagus akan masuk ke dalam lambung. Lambung merupakan organ yang berbentuk menyerupai huruf J. lambung terletak di bagian kiri atas rongga perut di bawah diafragma.

Makanan masuk ke lambung melalui **sfinkter kardiak** yang akan menutup apabila tidak ada makanan yang masuk. Lambung tersusun atas empat bagian yaitu, **kardiak**, **fundus**, **korpus**, dan **pilorus**. Di bagian akhir pilorus, terdapat **sfinkter pilori**, saluran ini menghubungkan perut dengan duodenum. Perhatikan **Gambar 5.11**.



Lambung dapat mencerna makanan secara mekanik karena memiliki lapisan-lapisan otot. Lambung tersusun atas tiga lapisan otot, yaitu bagian dalam berserat miring, bagian tengah berserat melingkar, dan bagian luar berserat memanjang. Dengan adanya ketiga lapisan otot ini, lambung dapat melakukan berbagai gerakan kontraksi. Gerakan kontraksi tersebut berguna untuk mencerna makanan dan mencampurkannya dengan enzim sehingga terbentuk bubur atau kim (*chyme*).



Sekilas Biologi

William Beaumont
(1785–1853)



Ia adalah seorang ahli bedah berkebangsaan Amerika. Beaumont melakukan percobaan-percobaan mengenai anatomi tubuh manusia. Beliau berhasil mengidentifikasi asam lambung (HCl) dan gerakan-gerakan pada lambung.

Sumber: *Jendela Iptek: Tubuh Manusia*, 1997

Gambar 5.10

(a) Proses menelan dan
(b) Gerak peristaltik pada esofagus

Gambar 5.11

Struktur lambung

Gambar 5.12
Gerak peristaltik lambung



Dinding lambung tersusun atas lapisan sel epitel kubus selapis. Lapisan sel tersebut merupakan sel-sel endokrin. Sel endokrin ini berfungsi memproduksi **gastrin** yang berperan dalam merangsang dinding lambung agar menyekresikan **asam lambung**. Asam lambung terdiri atas asam klorida (HCl), enzim pencernaan (pepsin, renin, dan lipase), dan lendir (mukus).

Asam klorida (HCl) berfungsi membunuh mikroorganisme atau kuman yang terkandung pada makanan dan mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin. Pepsin berfungsi mengubah protein menjadi pepton. Renin berfungsi menggumpalkan kasein dalam susu. Lipase berfungsi mengubah lemak menjadi gliserol dan asam lemak. Adapun lendir berfungsi mencampur makanan dengan enzim dan melindungi dinding lambung dari asam lambung.

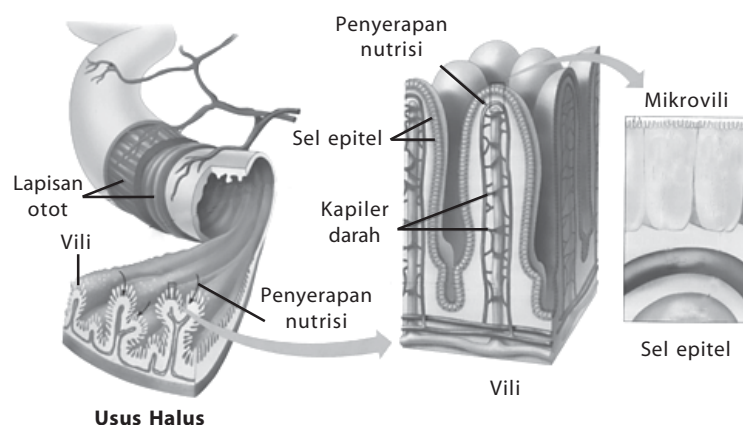
4. Usus Halus (Intestinum)

Kata Kunci

- Usus halus

Makanan setelah dicerna di dalam lambung akan masuk ke dalam usus halus (intestinum). Usus halus merupakan suatu saluran menyerupai selang dengan diameter sekitar 2,5 cm. Jika dibentangkan, usus halus dapat mencapai panjang sekitar 6 meter.

Di dalam usus halus terdapat struktur yang disebut dengan vili. Vili merupakan tonjolan-tonjolan yang memperluas permukaan usus sehingga meningkatkan penyerapan. Pada permukaan vili terdapat **mikrovili**. Di dalam usus halus terjadi dua proses penting, yaitu pencernaan dengan bantuan enzim dan penyerapan sari-sari makanan ke dalam pembuluh darah. Usus halus memiliki tiga bagian, yaitu **duodenum** (usus dua belas jari), **jejunum**, dan **ileum**.



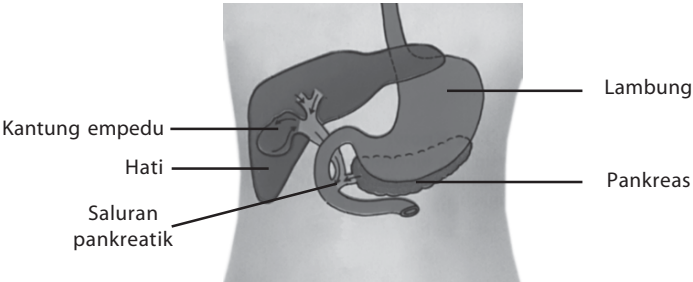
Gambar 5.13
Di usus halus terjadi penyerapan sari-sari makanan oleh vili.

Sumber: *Biologi Concepts & Connections*, 2006

Dalam menjalankan fungsinya, usus halus dibantu oleh hati, pankreas, dan kelenjar pada dinding usus halus. Setiap organ tersebut akan mengeluarkan enzim yang membantu dalam pencernaan.

Hati menghasilkan empedu yang di dalamnya terdapat cairan empedu. Cairan empedu tersebut memiliki fungsi memecah lemak agar mudah dicerna. Empedu tidak mengandung enzim, namun berperan dalam memecah lemak. Selain itu, hati merupakan tempat metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat. Pada saat proses pencernaan berlangsung, kantung empedu akan melepaskan cairan empedu menuju duodenum melalui **saluran empedu**.

Selain itu, pankreas membantu usus halus dalam proses pencernaan. Pankreas memiliki dua fungsi utama, yaitu menghasilkan hormon yang mengatur glukosa darah dan menghasilkan *pancreatic juice*. *Pancreatic juice* merupakan sekresi pankreas yang bercampur dengan air. *Pancreatic juice* ini akan masuk ke dalam duodenum melalui **saluran pankreatik**. *Pancreatic juice* akan menetralkan kandungan asam pada makanan sebelum masuk ke usus halus. *Pancreatic juice* juga mengandung beberapa enzim pencernaan, yaitu lipase, amilase, tripsin, kemotripsin dan karbo peptidase.



Sumber: Heath Biology, 1995

Enzim-enzim pencernaan dihasilkan pula oleh kelenjar-kelenjar yang terdapat pada dinding usus halus. Kelenjar-kelenjar tersebut menghasilkan enzim laktase, sukrase, maltase, dan peptidase. Mengenai fungsi-fungsi enzim pencernaan dapat Anda perhatikan pada tabel berikut ini.

Tabel 5.4 Enzim dan Peranannya dalam Pencernaan Makanan

No.	Nama Enzim	Dihasilkan Oleh	Organ Tempat Enzim Bekerja	Fungsi
1	Amilase (ptialin)	Kelenjar ludah	Mulut	Amilum → maltosa
2	Pepsin	Lambung	Lambung	Protein polipeptida
3	Lipase	Pankreas	Usus halus	Lemak gliserol dan asam lemak
4	Amilase	Pankreas	Usus halus	Amilum maltosa
5	Tripsin	Pankreas	Usus halus	Protein polipeptida
6	Kemotripsin	Pankreas	Usus halus	Protein polipeptida
7	Karboksipeptidase	Pankreas	Usus halus	Polipeptida asam amino
8	Laktase	Usus halus	Usus halus	Laktosa glukosa dan galaktosa
9	Sukrase	Usus halus	Usus halus	Sukrosa glukosa dan fruktosa
10	Peptidase	Usus halus	Usus halus	Polipeptida asam amino
11	Maltase	Usus halus	Usus halus	Maltosa glukosa



Fakta Biologi

Organ terpanjang dari sistem pencernaan adalah usus halus, yaitu panjangnya sekitar 6 meter.

Sumber: Science Library: Human Body, 2004

Gambar 5.14

Hati dan pankreas membantu proses pencernaan.



Sekilas Biologi

Yoghurt adalah salah satu produk susu fermentasi dengan rasa asam manis. Yoghurt mengandung bakteri hidup sebagai probiotik, yaitu mikroba dari makanan yang menguntungkan bagi mikroflora di dalam saluran pernapasan. Bakteri dari yoghurt dapat hidup dan bersimbiosis dengan mikroflora tersebut. Pertumbuhan bakteri-bakteri ini memberikan kondisi yang dapat mencegah pertumbuhan mikroba lain khususnya mikroba patogen (penyebab penyakit).

Sumber: www.kompas.com, 13 September 2002

Kata Kunci

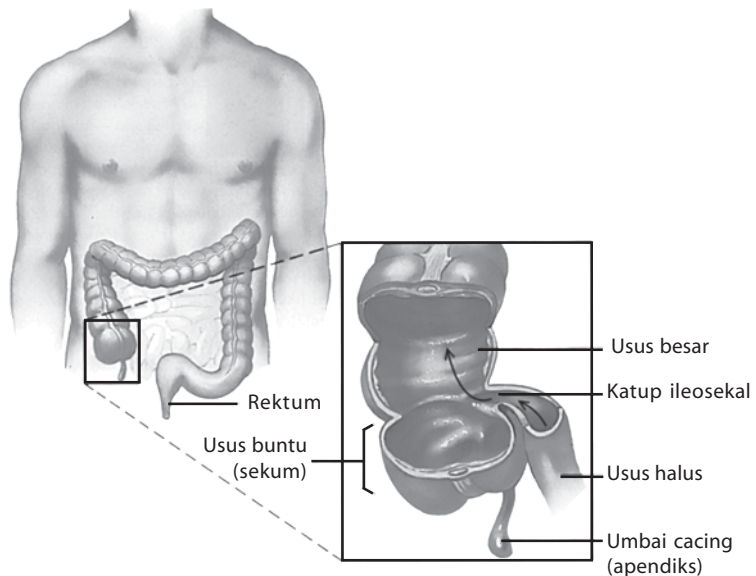
- Usus Besar

Gambar 5.15
Struktur usus besar

5. Usus Besar (Colon)

Pada usus halus terjadi proses penyerapan zat-zat makanan. Adapun zat yang tidak dapat diserap akan terdorong menuju usus besar. Di dalam usus besar, sisa makanan akan diuraikan dengan bantuan bakteri *Escherichia coli*.

Salah satu fungsi usus besar adalah menyerap air yang masih tersisa pada makanan. Sisa makanan yang siap dikeluarkan dari tubuh disebut feses. Agar sisa makanan yang masuk ke dalam usus besar tidak kembali ke usus halus, terdapat katup yang membatasi keduanya. Katup tersebut dinamakan **katup ileosekal**. Feses akan dikeluarkan oleh usus besar melalui rektum.



Sumber: *Biology: Exploring Life*, 1994

6. Gangguan pada Sistem Pencernaan Manusia

Sistem pencernaan pada manusia dapat mengalami gangguan dan penyakit. Gangguan tersebut dapat diakibatkan oleh luka, infeksi virus, infeksi bakteri, dan kelainan fisiologis.

a. Parotitis Epidimika

Penyakit ini menyerang kelenjar ludah terutama kelenjar parotis. Akibatnya, kelenjar yang terserang menjadi bengkak, panas, dan nyeri. Parotitis disebabkan oleh sejenis virus yang ditularkan melalui air ludah.

b. Caries Gigi (Gigi berlubang)

Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Streptococcus*. Bakteri ini dapat mengubah karbohidrat menjadi asam laktat. Asam inilah yang secara perlahan-lahan dapat melarutkan email dan menimbulkan lubang. Apabila lubang tersebut telah mencapai pulpa, gigi akan terasa sakit. Untuk mencegah penyakit ini, gosoklah gigi Anda setelah makan.

c. Mag

Mag merupakan peradangan pada dinding lambung. Peradangan ini disebabkan oleh produksi HCl yang berlebihan sehingga mengikis dinding lambung. Mag dapat disebabkan karena pola makan yang tidak teratur.

d. Diare

Diare merupakan penyakit akibat terganggunya proses penyerapan di dalam usus. Akibatnya, kadar air di dalam feses berlebihan. Diare disebabkan oleh infeksi beberapa bakteri dan virus, misalnya *Vibrio cholera*.

e. Radang Apendiks (Apendisitis)

Apendisitis adalah peradangan pada apendiks (umbai cacing) akibat infeksi oleh bakteri. Apabila sisa makanan masuk ke dalam apendiks, makanan tersebut akan busuk dan sulit dikeluarkan. Akibatnya, apendiks akan mengalami peradangan.

Logika Biologi

Apakah kegemukan berbahaya bagi kesehatan Anda? Hal apa sajakah yang dapat Anda lakukan untuk menghindari kegemukan?

Tes Kompetensi Subbab B

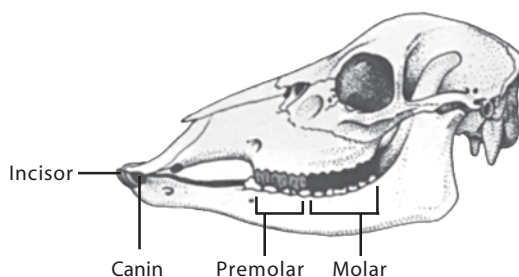
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Apakah perbedaan proses pencernaan makanan secara mekanis dan proses pencernaan makanan secara kimiawi?
2. Tuliskan jenis-jenis gigi pada manusia.
3. Tuliskan enzim-enzim yang dihasilkan oleh usus halus.
4. Tuliskan gangguan yang dapat terjadi pada sistem pencernaan.

C. Sistem Pencernaan pada Hewan

Sistem pencernaan pada makhluk hidup telah teradaptasi sehingga sistem tersebut bekerja efisien dan mampu mendukung kehidupan makhluk hidup tersebut dengan sempurna. Pada manusia, makanan kaya serat tidak dapat dicerna oleh tubuh. Lalu, bagaimana dengan hewan-hewan yang memakan makanan berserat, seperti rumput? Sistem pencernaan pada hewan pemamah biak (ruminansia) akan dibahas pada materi berikut.

Hewan ruminansia memiliki adaptasi pada gigi dan lambung. Gigi hewan ruminansia memiliki bentuk khusus. Gigi seri (incisor) dan gigi taringnya (canin) memiliki bentuk spesifik untuk menggigit dan mencabut rumput. Adapun gigi gerahamnya (molar dan premolar), memiliki lapisan email yang tajam dan besar yang berfungsi mengunyah rumput.



Sumber: Biology, 1998

Gambar 5.16

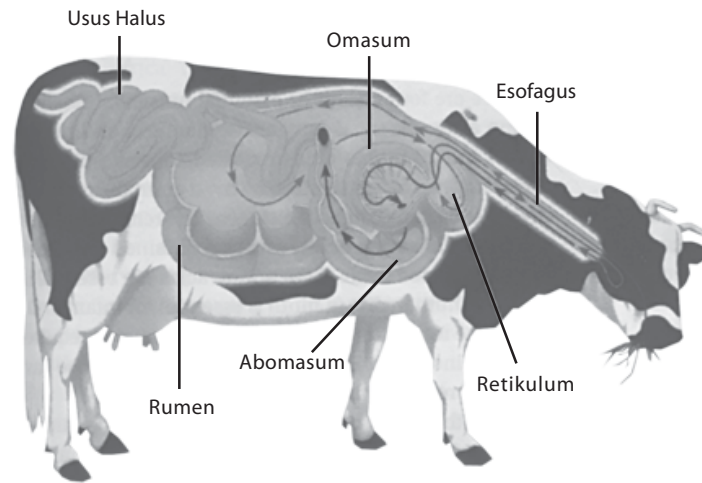
Gigi pada hewan ruminansia teradaptasi untuk mengunyah makanan kaya serat.

Pada bagian lambung, hewan ruminansia memiliki lambung dengan empat ruang. Empat ruang pada lambung tersebut adalah **rumen**, **retikulum**, **omasum**, dan **abomasum**.

Makanan hewan ruminansia berupa rerumputan yang mengandung banyak selulosa. Makanan yang telah dikunyah akan masuk ke lambung melalui esofagus. Makanan tersebut akan masuk ke dalam lambung bagian rumen dan retikulum.

Di bagian rumen dan retikulum ini, makanan akan dicerna dengan bantuan bakteri. Bakteri-bakteri tersebut menghasilkan enzim **selulase** yang dapat mencerna selulosa. Makanan selanjutnya akan dikembalikan lagi ke mulut untuk dikunyah kembali. Makanan yang telah dikunyah untuk kedua kalinya tersebut ditelan kembali dan masuk ke dalam omasum dan abomasum setelah melewati rumen dan retikulum. Perhatikan **Gambar 5.17**.

Di dalam omasum, makanan akan dicerna kembali secara mekanik. Makanan tersebut selanjutnya masuk ke dalam abomasum. Setelah melewati abomasum, makanan akan masuk ke dalam usus halus untuk diserap. Sisa-sisa makanan yang tidak dapat diserap tubuh akan dikeluarkan melalui anus.



Gambar 5.17

Lambung pada hewan ruminasia terbagi menjadi empat ruang, yaitu rumen, retikulum, omasum, dan abomasum

Sumber: *Biology*, 1998

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

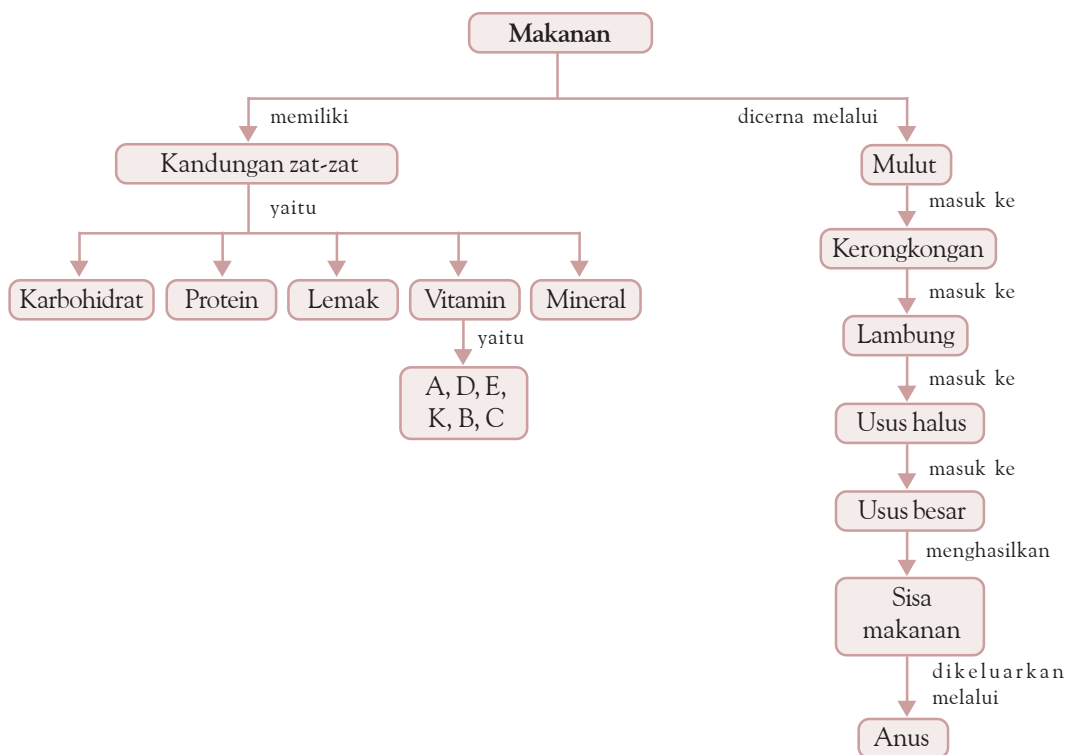
1. Tuliskan adaptasi organ-organ pencernaan pada hewan pemamah biak?
2. Apakah manfaat keterlibatan bakteri dalam pencernaan makanan hewan pemamah biak?

Rangkuman

1. Makanan adalah sesuatu yang dapat dimakan dan berguna bagi tubuh. Makanan yang berguna bagi tubuh yaitu makanan yang mengandung gizi atau zat-zat makanan.
2. Makanan memiliki beberapa fungsi, antara lain sebagai sumber energi, untuk pertumbuhan dan perkembangan tubuh, perbaikan sel-sel yang rusak, berperan dalam metabolisme tubuh, dan sebagai pertahanan tubuh dari bibit penyakit.
3. Beberapa zat makanan yang berguna bagi tubuh, antara lain karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Karbohidrat bisa diperoleh dari nasi, gandum, jagung, dan buah-buahan. Protein bisa diperoleh dari daging, telur, ikan, dan kacang-kacangan. Lemak bisa diperoleh dari daging, keju, susu, dan mentega. Vitamin banyak terdapat pada buah-buahan dan sayuran.
4. Pencernaan pada manusia dibagi menjadi pencernaan mekanik dan pencernaan kimiawi. Pencernaan mekanik tidak melibatkan enzim, sedangkan pencernaan kimiawi melibatkan enzim.
5. Sistem pencernaan manusia memiliki organ-organ pencernaan, yaitu mulut, kerongkongan (esofagus), lambung, usus halus, usus besar, dan anus.

6. Di dalam mulut terdapat lidah, gigi, dan kelenjar ludah. Gigi merupakan organ utama pada mulut yang berperan dalam pencernaan mekanik. Kelenjar ludah menghasilkan ludah yang mengandung enzim ptialin. Enzim tersebut berfungsi mengubah karbohidrat (amilum) menjadi gula sederhana (maltosa).
7. Organ pencernaan lainnya adalah lambung. Lambung dapat mencerna makanan secara mekanik dan kimiawi. Lambung dapat memproduksi gastrin yang berperan dalam merangsang dinding lambung agar menyekresikan asam lambung. Asam lambung terdiri atas asam klorida (HCl), enzim pencernaan (pepsin, renin, dan lipase), dan lendir (mucus).
8. Makanan setelah dari lambung akan masuk ke usus halus. Di dalam usus halus terjadi penyerapan sari-sari makanan melalui vili. Usus terdiri atas tiga bagian, yaitu duodenum, jejunum, dan ileum. Usus halus pun menyekresikan kelenjar pencernaan.
9. Makanan setelah dari usus halus akan masuk ke usus besar. Di dalam usus besar terjadi penyerapan air yang masih tersisa pada makanan. Sisa makanan akan dikeluarkan oleh anus berupa feses.
10. Hewan memiliki sistem pencernaan yang disesuaikan dengan jenis makanannya.

Peta Konsep



Refleksi

Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi **Sistem Pencernaan Makanan** ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda dapat memilih makanan yang bergizi untuk dikonsumsi setiap hari. Anda pun dapat mengatur pola makan sehari-hari.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan atau penyakit pada sistem pencernaan manusia dan hewan. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.

Evaluasi Kompetensi Bab 5

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

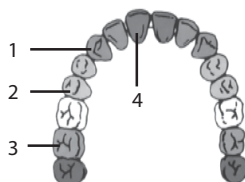
A. Pilihan Ganda

- Pernyataan berikut yang *tidak* termasuk fungsi makanan adalah
 - sebagai sumber oksigen
 - sebagai sumber energi
 - perbaikan sel-sel yang rusak
 - metabolisme tubuh
 - pertumbuhan dan perkembangan
- Sebelum diserap oleh tubuh, protein harus diubah terlebih dahulu menjadi
 - glukosa
 - glikogen
 - fruktosa
 - asam amino
 - asam lemak
- Berikut adalah beberapa jenis vitamin.
 - Vitamin A
 - Vitamin B₁
 - Vitamin B₁₂
 - Vitamin D

Di antara vitamin-vitamin tersebut yang dapat larut dalam lemak adalah

 - 1 dan 2
 - 1 dan 3
 - 2 dan 3
 - 1 dan 4
 - 2 dan 4

Untuk soal no 4 dan 5, perhatikan gambar berikut.



- Jenis gigi yang ditunjukkan oleh nomor 1 sampai dengan 4 secara berturut-turut adalah

	1	2	3	4
a.	incisor	canin	molar	premolar
b.	canin	incisor	premolar	molar
c.	incisor	canin	premolar	molar
d.	molar	premolar	canin	incisor
e.	premolar	molar	incisor	canin

- Gigi yang berfungsi memotong ditunjukkan oleh nomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Pada sistem pencernaan manusia, karbohidrat diuraikan seperti reaksi berikut.

Amilum Maltosa Glukosa

Pasangan enzim yang terlibat dalam proses tersebut adalah

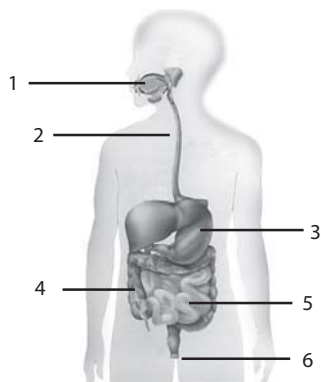
	Enzim x	Enzim y
a.	amilase	lipase
b.	lipase	amilase
c.	lipase	pepsin
d.	maltase	peptidase
e.	amilase	maltase

- Bahan dan hasil dari kerja enzim lipase adalah

	Bahan	Hasil
a.	lemak	pati
b.	protein	asam lemak
c.	lemak	asam lemak
d.	protein	asam amino
e.	asam amino	protein

8. Berikut ini yang *tidak* termasuk ke dalam penyusun lambung adalah
 - a. esofagus
 - b. kardiak
 - c. fundus
 - d. korpus
 - e. pilorus
9. Sel-sel endokrin pada lapisan dinding lambung dapat memproduksi
 - a. lipase
 - b. renin
 - c. tripsin
 - d. pepsin
 - e. gastrin
10. Pengaktifan pepsinogen menjadi pepsin pada lambung dibantu oleh
 - a. CaCO_3
 - b. Ca^{2+}
 - c. HCl
 - d. Cl
 - e. CaCl

Untuk soal no 11–14, perhatikan gambar berikut.



11. Bagian yang menghasilkan enzim ptialin ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
12. Penyerapan air banyak terjadi pada nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5

13. Pada bagian ini terdapat tonjolan-tonjolan yang memperluas permukaan. Tonjolan-tonjolan tersebut dinamakan mikrovili. Bagian yang dimaksud ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
14. Epiglottis terdapat pada bagian dengan nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
15. Urutan perjalanan makanan melalui organ pencernaan yang benar adalah
 - a. mulut lambung usus besar usus halus
 - b. mulut usus halus lambung anus
 - c. mulut esofagus usus besar usus halus
 - d. esofagus lambung usus besar usus halus
 - e. mulut lambung usus halus usus besar
16. Empedu dihasilkan oleh
 - a. esofagus
 - b. lambung
 - c. hati
 - d. pankreas
 - e. usus halus
17. Pembusukan makanan di usus besar dibantu oleh
 - a. *Streptococcus*
 - b. *Escherichia coli*
 - c. *Lactobacillus*
 - d. *Bacillus thuringiensis*
 - e. *Saccharomyces fragilis*
18. Produksi HCl yang berlebihan pada lambung dapat mengakibatkan penyakit
 - a. mag
 - b. caries
 - c. diare
 - d. apendisitis
 - e. parositis epidimika
19. Diare dapat disebabkan oleh
 - a. produksi HCl yang berlebihan
 - b. infeksi bakteri atau virus
 - c. makan tidak teratur
 - d. kurang minum
 - e. peradangan lambung
20. Hewan memamah biak dapat mencerna makanan kaya serat karena
 - a. jumlah makanan yang dikonsumsi banyak
 - b. jumlah fases yang dihasilkan banyak
 - c. adaptasi pada usus
 - d. berat dan ukuran tubuh
 - e. adaptasi gigi dan lambung

B. Soal uraian

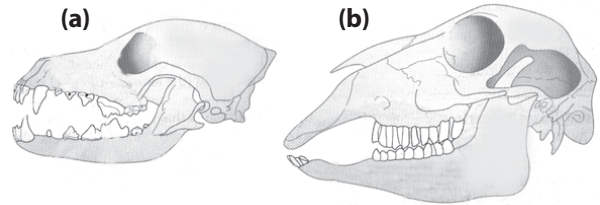
1. Tuliskan fungsi makanan bagi tubuh.
2. Tuliskan tiga macam kelenjar ludah dan fungsinya.
3. Apakah perbedaan asam amino esensial dan asam amino nonesensial?
4. Jelaskan secara singkat jalur pencernaan makanan pada manusia.
5. Jelaskan dua gangguan atau penyakit pada sistem pencernaan manusia.

C. Soal Tantangan

1. Tabel berikut menunjukkan kandungan nutrisi pada berbagai jenis makanan. Kolom A, B, C, dan D menunjukkan nutrisi (protein, lemak, karbohidrat, dan air) yang dibanding jenis makanan tertentu.
2. Berikut adalah gambar tengkorak hewan dari dua kelompok yang berbeda.

No	Jenis Makanan	Energi (kj/100 g)	A	B	C	D
1	Susu	290	3	89	4,5	3,5
2	Mentega	3.000	0,5	16,5	–	83
3	Kentang	370	2	82	16	–
4	Daging sapi	1.300	25	55	–	20
5	Ikan tuna	700	18	70	–	12

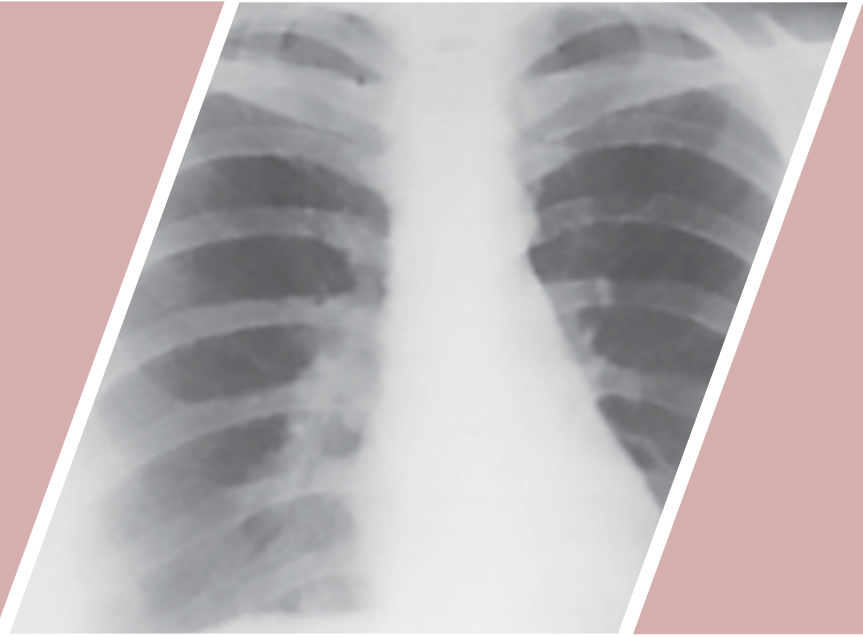
- a. Manakah bahan makanan yang banyak mengandung energi?
- b. Dapatkah Anda memperkirakan nutrisi yang tercantum di kolom A, B, C, dan D? Kemukakan alasan Anda.
- c. Buatlah diagram yang menunjukkan keterkaitan antara jenis makanan dan energi yang dihasilkannya.



Sumber: *Biology for You*, 2002

Manakah tengkorak yang menunjukkan hewan herbivora? Manakah tengkorak yang menunjukkan hewan carnivora? Kemukakan alasan Anda.

Bab 6



Sumber: www.legevakten.no

Pada proses inspirasi, tulang-tulang rusuk akan terangkat ke atas untuk memperbesar rongga dada.

Sistem Pernapasan

Hasil yang harus Anda capai:

menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan/penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem pernapasan pada manusia dan hewan.

Pada Bab 4, Anda telah mempelajari materi mengenai sistem peredaran darah. Jantung merupakan organ utama dalam sistem peredaran darah manusia. Jantung akan memompa darah menuju paru-paru dan seluruh tubuh. Ketika melewati paru-paru, darah akan mengalami pertukaran antara karbon dioksida (CO_2) dan oksigen (O_2). Oksigen pada paru-paru tersebut diperoleh dari proses pernapasan.

Selama hidupnya, manusia akan selalu melakukan proses pernapasan. Pernapasan merupakan proses pengambilan oksigen dan pelepasan karbon dioksida. Untuk melakukan proses pernapasan, diperlukan organ-organ khusus. Organ-organ tersebut memiliki struktur dan fungsi yang berbeda-beda.

Pada bab ini, Anda akan mempelajari sistem pernapasan pada manusia dan hewan tertentu. Apa sajakah organ-organ pada sistem pernapasan manusia? Bagaimana mekanisme pernapasan pada manusia? Pelajarilah materi pada bab ini dengan saksama agar Anda dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut. Melalui diskusi dan kegiatan, Anda diharapkan dapat lebih memahami materi pada bab ini.

A. Sistem Pernapasan pada Manusia

B. Sistem Pernapasan pada Hewan

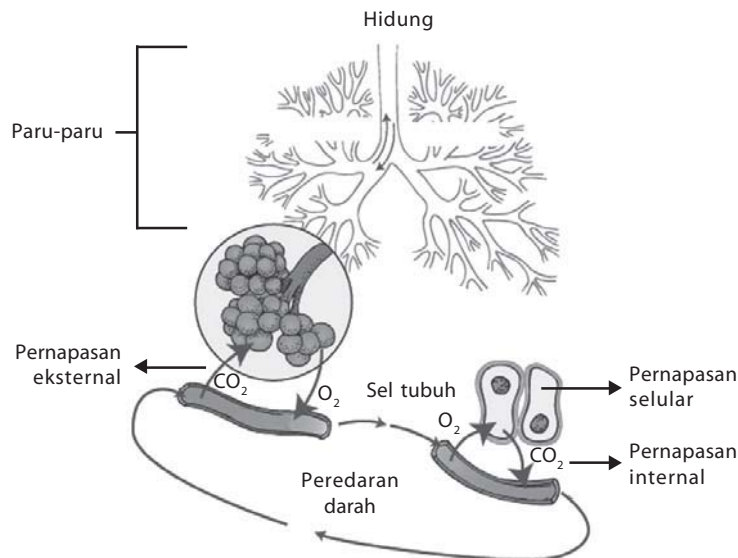
Tes Kompetensi Awal

1. Apakah makhluk hidup selalu bernapas?
2. Menurut Anda, apakah fungsi bernapas bagi manusia?

A. Sistem Pernapasan pada Manusia

Dekatkanlah tangan Anda ke depan hidung Anda beberapa saat. Apa yang Anda rasakan? Anda akan merasakan adanya hembusan udara dari hidung Anda. Hal itu merupakan salah satu proses pernapasan, yaitu ekspirasi. Ekspirasi merupakan proses ketika udara keluar dari saluran pernapasan. Kebalikan dari ekspirasi adalah inspirasi, yaitu proses ketika udara masuk ke dalam saluran pernapasan.

Pernapasan dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu **pernapasan eksternal**, **pernapasan internal**, dan **pernapasan selular**. Pernapasan eksternal adalah pertukaran udara antara darah dan atmosfer. Pernapasan internal adalah pertukaran udara yang terjadi antara darah dan sel-sel tubuh. Adapun pernapasan selular adalah proses kimia yang terjadi di dalam mitokondria sel-sel tubuh.



Gambar 6.1

Tiga macam pernapasan pada manusia

Sumber: <http://connection.lwa.com>

Sistem pernapasan pada manusia memiliki struktur dan fungsi yang sangat kompleks. Sistem pernapasan tersebut didukung oleh organ-organ yang memiliki bentuk dan fungsi yang berbeda-beda. Selain itu, pernapasan pada manusia melibatkan organ tubuh dan mekanisme yang saling menunjang. Hal ini sangat menarik untuk dipelajari. Perhatikanlah uraian berikut ini.

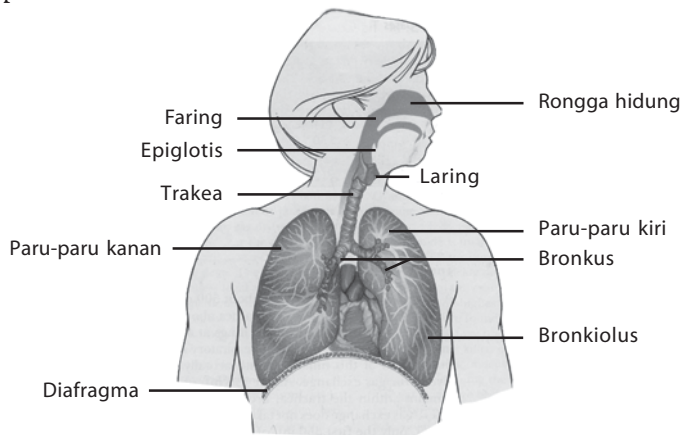
1. Organ-Organ Pernapasan Manusia

Sistem pernapasan manusia memiliki organ-organ pernapasan yang menunjang proses pernapasan. Organ-organ pernapasan tersebut memiliki struktur dan fungsi yang berbeda-beda. Organ-organ pernapasan manusia terdiri atas hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan alveolus. Bagaimanakah struktur dan fungsi dari masing-masing organ pernapasan tersebut? Perhatikan penjelasan berikut.

a. Hidung

Hidung merupakan alat pernapasan pertama yang dilalui oleh udara. Ujung hidung ditunjang oleh tulang rawan dan pangkal hidung ditunjang oleh tulang nasalis. Kedua tulang hidung menghubungkan rongga hidung dengan atmosfer untuk mengambil udara.

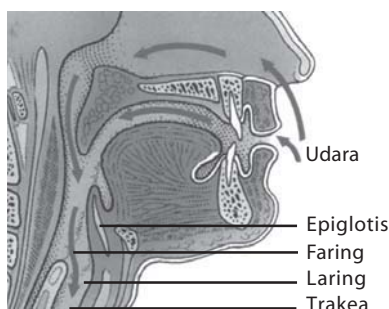
Rongga hidung tersusun atas sel-sel epitel berlapis pipih dengan rambut-rambut kasar. Rambut-rambut kasar tersebut berfungsi menyaring debu-debu kasar. Rongga hidung tersusun atas sel-sel epitel berlapis semu bersilia yang memiliki sel goblet. Sel goblet merupakan sel penghasil lendir yang berfungsi menyaring debu, melekatkan kotoran pada rambut hidung, dan mengatur suhu udara pernapasan. Sebagai indra pembau, pada atap atau rongga hidung terdapat lobus olfaktorius yang mengandung sel-sel pembau. Perhatikan **Gambar 6.2**.



Sumber: *Biology: Discovering Life*, 1991

b. Faring

Udara setelah melewati rongga hidung akan masuk ke faring. Faring merupakan saluran penghubung antara rongga hidung dan tenggorokan dengan panjang kurang lebih 12,5–13 cm. Faring terdiri atas tiga bagian, yakni nasofaring, orofaring, dan laringofaring. Faring merupakan pertemuan antara saluran pernapasan dan saluran pencernaan. Oleh karena itu, ketika menelan makanan, suatu katup (epiglotis) akan menutup saluran pernapasan (glotis) sehingga makanan akan masuk ke saluran pencernaan. Perhatikan **Gambar 6.3**.



Sumber: *Human Body*, 2002

c. Laring

Setelah melewati faring, udara akan menuju laring. Laring sering disebut sebagai kotak suara karena di dalamnya terdapat pita suara. Laring merupakan suatu saluran yang dikelilingi oleh sembilan tulang

Kata Kunci

- Faring
- Hidung
- Laring



Fakta Biologi

Panjang dan tegangan pita suara menentukan tinggi rendahnya suara. Pada saat pita suara pendek dan berkontraksi, akan didapat suara dengan nada tinggi. Adapun jika pita suara panjang dan berelaksasi, akan didapat suara dengan nada rendah.

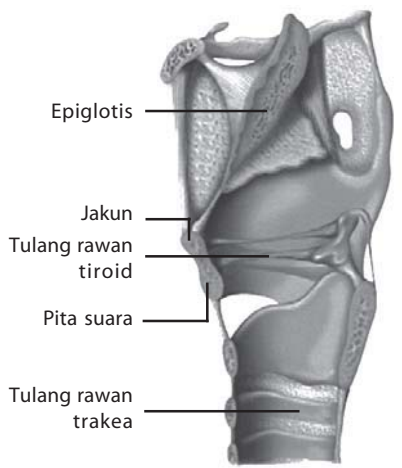
Sumber: *Heath Biology*, 1985

Gambar 6.2

Struktur organ pernapasan pada manusia

Gambar 6.3

Pada faring terdapat epiglotis



Sumber: Human Body, 2002

Gambar 6.4

Struktur laring

Logika Biologi

Ketika makanan masuk ke dalam saluran pernapasan, apakah yang akan terjadi?

Kata Kunci

- Alveolus
- Bronkiolus
- Bronkus
- Paru-paru
- Trakea

Gambar 6.5

- (a) Bronkus akan bercabang-cabang menjadi bronkiolus.
(b) Ujung-ujung bronkiolus membentuk alveolus.

rawan. Salah satu dari sembilan tulang rawan tersebut adalah tulang rawan tiroid yang berbentuk menyerupai perisai. Pada laki-laki dewasa, tulang rawan tiroid lebih besar daripada wanita sehingga membentuk apa yang disebut dengan jakun.

d. Trakea

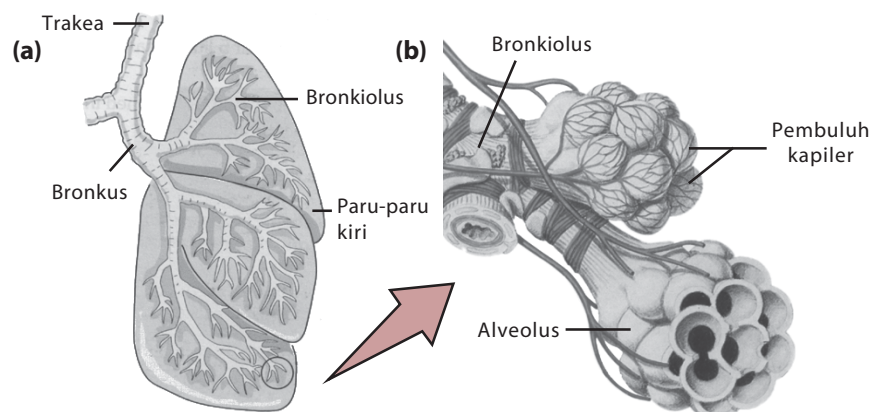
Setelah dari laring, udara akan masuk ke dalam trakea. Trakea disebut juga “pipa angin” atau saluran udara. Trakea memiliki panjang kurang lebih 11,5 cm dengan diameter 2,4 cm. Trakea tersusun atas empat lapisan, yaitu lapisan mukosa, lapisan submukosa, lapisan tulang rawan, dan lapisan adventitia.

Lapisan mukosa terdiri atas sel-sel epitel berlapis semu bersilia yang mengandung sel goblet penghasil lendir (mucus). Silia dan lendir berfungsi menyaring debu atau kotoran yang masuk. Lapisan submukosa terdiri atas jaringan ikat. Lapisan tulang rawan terdiri atas kurang lebih 18 tulang rawan berbentuk huruf C. Lapisan adventitia terdiri atas jaringan ikat.

e. Bronkus

Trakea bercabang menjadi dua bronkus yang masing-masing menuju paru-paru. Di dalam paru-paru, bronkus bercabang-cabang lagi menjadi bronkiolus. Pada ujung-ujung bronkiolus, terdapat sekumpulan kantung udara yang disebut alveolus (jamak: alveoli). Dinding alveoli hanya dilapisi oleh satu lapis epitel pipih yang berfungsi sebagai permukaan respirasi.

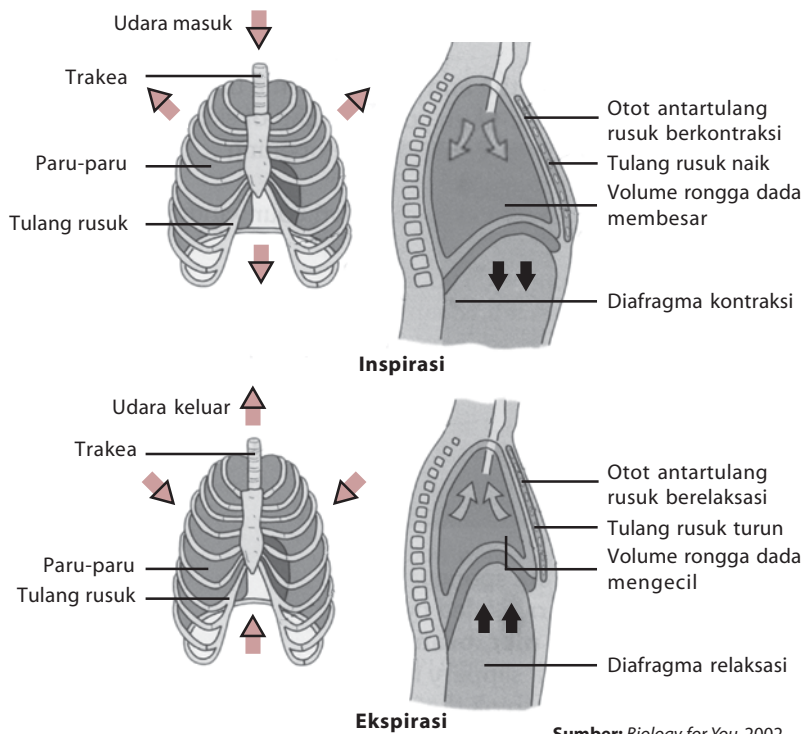
Di sekitar alveolus terdapat kapiler-kapiler pembuluh darah. Dinding kapiler pembuluh darah tersebut sangat berdekatan dengan alveolus sehingga membentuk membran respirasi yang sangat tipis. Membran yang tipis ini memungkinkan terjadinya difusi antara udara alveolus dan darah pada kapiler-kapiler pembuluh darah. Bronkus, bronkiolus, dan alveolus membentuk satu struktur yang disebut paru-paru.



Sumber: Biology for You, 2002; Human Body, 2002

2. Inspirasi dan Ekspirasi

Agar mendapatkan suplai oksigen yang segar, udara di dalam paru-paru harus diganti secara konstan. Hal ini terjadi ketika proses pernapasan berlangsung. Proses pernapasan dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap **inspirasi** dan tahap **ekspirasi**. Inspirasi adalah suatu proses ketika udara masuk ke dalam paru-paru. Adapun ekspirasi adalah proses ketika udara keluar dari paru-paru.



Sumber: Biology for You, 2002



Fakta Biologi

Paru-paru pada orang dewasa mengandung sekitar 3 liter udara.

Sumber: Science Library: Human Body, 2004

Gambar 6.6

Mekanisme inspirasi dan ekspirasi

Inspirasi terjadi ketika diafragma berkontraksi. Diafragma adalah struktur otot yang memisahkan rongga dada dan rongga perut. Ketika berkontraksi, permukaan diafragma menjadi datar. Pada saat yang bersamaan, otot-otot antartulang rusuk berkontraksi sehingga tulang-tulang rusuk akan terangkat. Hal ini mengakibatkan volume rongga dada membesar. Membesarnya rongga dada menyebabkan menurunnya tekanan udara di dalam paru-paru sehingga udara akan masuk ke paru-paru.

Pada saat ekspirasi, otot diafragma akan berelaksasi kembali ke bentuk semula. Pada saat yang bersamaan, otot-otot antartulang rusuk akan berelaksasi. Relaksasi dari kedua jenis otot ini menyebabkan mengecilnya volume rongga dada. Akibatnya, udara akan bergerak keluar.



Aktivitas Biologi 6.1

Mekanisme Pernapasan

Tujuan

Mempelajari mekanisme pernapasan

Alat dan Bahan

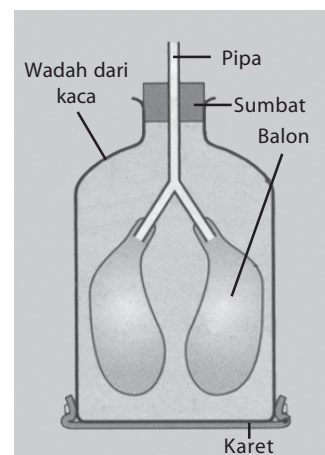
1. Pipa
2. Wadah kaca
3. Balon
4. Karet

Langkah Kerja

1. Buatlah model paru-paru dari stoples atau botol plastik seperti gambar di samping.
2. Tariklah ke bawah secara perlahan-lahan karet pada model tersebut.
3. Kemudian, doronglah karet hingga model paru-paru tersebut bergeser ke atas.

Pertanyaan

1. Apakah yang terjadi pada balon saat karet ditarik ke bawah?
2. Apakah yang terjadi pada balon saat karet didorong ke atas?
3. Bagian manakah dari model yang diumpamakan paru-paru diafragma dan tulang rusuk?
4. Dari kegiatan tersebut, jelaskan proses inspirasi dan ekspirasi dengan bahasa Anda sendiri.

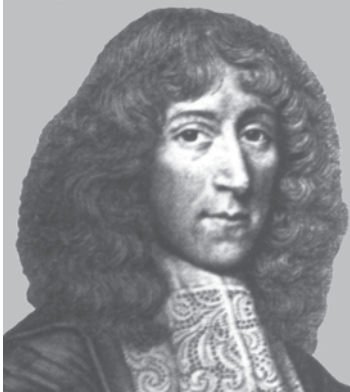


Sumber: Biology for You, 2002



Sekilas Biologi

John Mayow
(1640–1679)



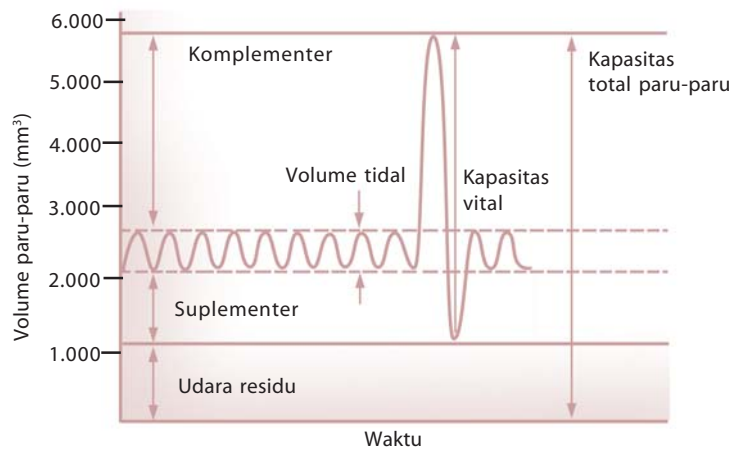
Mayow banyak melakukan penelitian mengenai pernapasan. Ia membuktikan bahwa otot-otot dada dan diafragma membuat paru-paru meregang dan mengembang seperti pompa angin, saat memasukkan udara.

Sumber: Jendela Iptek: Tubuh Manusia, 1997

3. Volume Paru-paru

Tujuan utama dari proses bernapas adalah memasukkan oksigen segar ke dalam paru-paru (alveoli) secara terus-menerus. Volume udara yang masuk dan keluar paru-paru dapat berbeda-beda. Ketika istirahat, volume udara yang masuk dan keluar dari paru-paru hanya sedikit. Akan tetapi, ketika berolahraga, volume udara yang masuk dan keluar dari paru-paru bertambah besar sesuai dengan kebutuhan. Volume udara di dalam paru-paru dapat dibagi menjadi beberapa macam.

- Volume tidal (500 mL): volume udara yang dihirup dan dikeluarkan pada keadaan istirahat.
- Volume suplemen (± 1.500 mL): volume udara yang masih dapat dikeluarkan setelah ekspirasi biasa (tidal).
- Volume komplemen (± 3.000 mL): volume udara yang masih dapat dihirup setelah inspirasi biasa (tidal).
- Volume residu (± 1.200 mL): volume udara yang tersisa setelah melakukan ekspirasi maksimal. Volume residu tidak dapat dikeluarkan dengan ekspirasi biasa. Volume residu disebut juga dengan udara cadangan.
- Kapasitas vital (± 5.000 mL): jumlah volume total dari volume tidal, volume suplemen, dan volume komplemen. Dengan kata lain, kapasitas vital adalah volume maksimal udara yang dapat dihembuskan setelah inspirasi maksimal.
- Kapasitas total paru-paru: jumlah volume residu ditambah kapasitas vital paru-paru.



Gambar 6.7

Grafik volume paru-paru

Sumber: Biology: The Unity and Diversity of Life, 1995

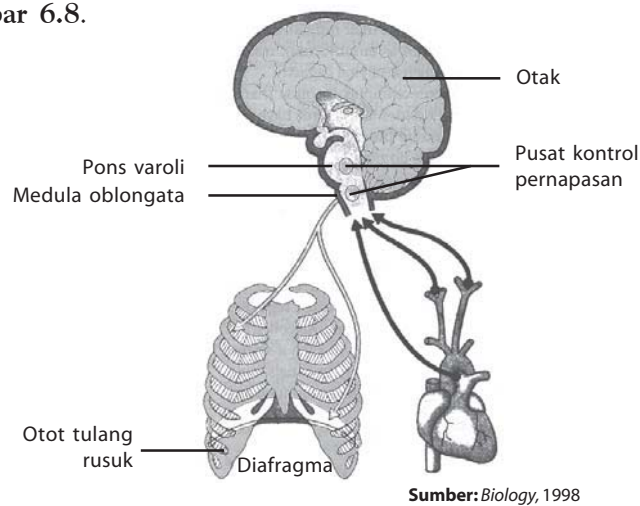
4. Kontrol Pernapasan

Pernahkah Anda menahan napas begitu lama ketika berenang atau menyelam? Kita dapat menahan napas selama beberapa menit. Selain itu, kecepatan dan kedalaman bernapas dapat kita atur. Akan tetapi, kebanyakan proses bernapas merupakan mekanisme otomatis yang teratur. Kontrol pernapasan merupakan kerja sama antara sistem pernapasan dan sistem saraf.

Pusat pengaturan napas terletak di dua bagian otak, yaitu medula oblongata dan pons varoli. Medula oblongata mengatur irama pernapasan. Ketika kita mengambil napas dalam-dalam, sensor di dalam jaringan paru-paru mengirimkan impuls kembali ke medula untuk menghentikan pusat pengaturan napas.

Selain itu, medula oblongata akan mendeteksi kenaikan pH dalam darah akibat kandungan CO_2 darah yang meningkat. Medula oblongata akan mengirimkan impuls kepada otot tulang rusuk untuk berkontraksi dan meningkatkan laju serta kedalaman proses bernapas.

Kandungan O_2 di dalam darah hanya memiliki sedikit pengaruh terhadap pusat pengaturan pernapasan. Akan tetapi, ketika kandungan O_2 di dalam darah sedikit, medula oblongata akan mengirimkan impuls terhadap otot tulang rusuk untuk berkontraksi. Hal ini akan meningkatkan pula laju serta kedalaman proses bernapas. Perhatikan **Gambar 6.8**.



Sumber: *Biology*, 1998

Gambar 6.8
Otak berperan mengatur pernapasan.

Laju pernapasan sangat bergantung kepada aktivitas. Ketika tidur, laju pernapasan akan turun. Adapun ketika berolahraga, laju pernapasan akan meningkat. Selain itu, pernapasan bergantung pula pada usia. Orang dewasa memiliki laju pernapasan lebih lambat dibandingkan dengan bayi. Hal ini disebabkan lebih tingginya proses metabolisme pada bayi. Terdapat beberapa faktor lain yang memengaruhi laju pernapasan, seperti jenis kelamin, suhu tubuh, dan posisi tubuh.

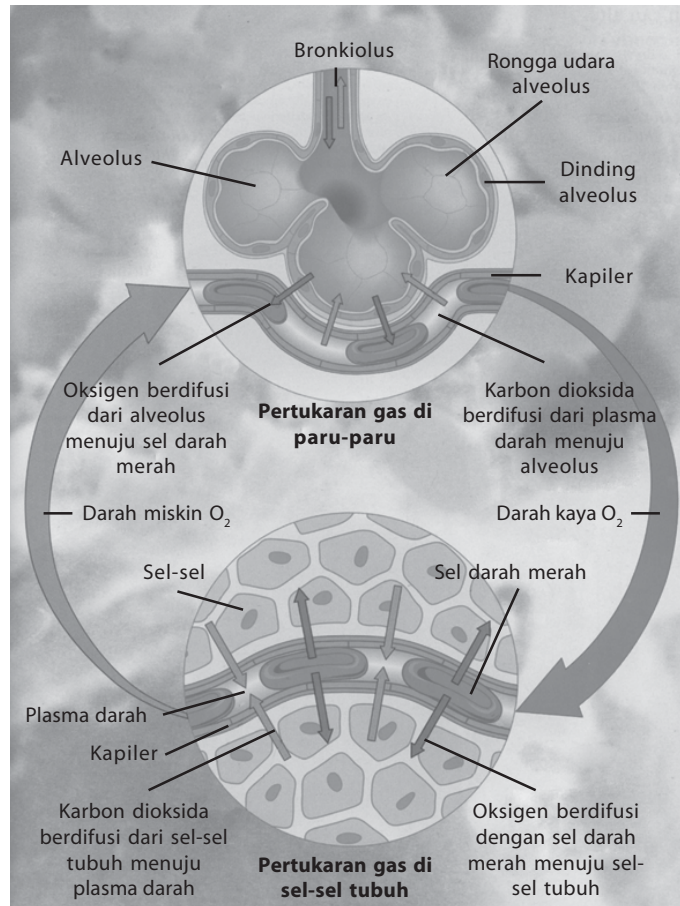
5. Pertukaran Oksigen dan Karbon Dioksida

Tahap akhir dari proses pernapasan adalah pengangkutan oksigen dan pelepasan karbon dioksida dari sel-sel tubuh. Untuk memahami proses pertukaran oksigen dan karbon dioksida, Anda harus mengingat kembali materi pada bab 1 mengenai difusi. Pertukaran oksigen dan karbon dioksida tersebut terjadi di paru-paru dan jaringan tubuh secara difusi mengikuti perbedaan tekanan.

Difusi tersebut terjadi karena adanya perbedaan tekanan yang diberikan oleh suatu gas (tekanan parsial). Sebelum membahas lebih lanjut, perhatikanlah tabel tekanan parsial O_2 dan CO_2 di atmosfer, alveoli, darah, dan jaringan-jaringan tubuh berikut ini.

Tabel 6.1 Tekanan Parsial O_2 dan CO_2

Tekanan Udara	Atmosfer	Alveoli	Darah Miskin O_2	Darah Kaya O_2	Jaringan
Tekanan parsial oksigen (P_{O_2}) (mmHg)	160	104	40	104	40
Tekanan parsial karbon dioksida () (mmHg)	0,2	40	45	40	45



Gambar 6.9

Mekanisme pertukaran oksigen dan karbon dioksida

Sumber: Human Body, 2002

Pada dasarnya, gas akan berdifusi dari bagian yang bertekanan parsial tinggi ke bagian yang bertekanan parsial rendah. Darah yang masuk ke dalam paru-paru memiliki P_{O_2} yang rendah dan P_{CO_2} yang lebih tinggi dibandingkan dengan P_{O_2} dan P_{CO_2} di dalam alveoli. Ketika darah berada di kapiler, karbon dioksida akan berdifusi dari darah menuju udara di alveoli. Sebaliknya, oksigen akan berdifusi dari alveoli ke dalam darah, perhatikan **Gambar 6.9**.

Pada saat meninggalkan paru-paru, darah yang kaya O_2 memiliki P_{O_2} yang tinggi dan P_{CO_2} yang rendah dibandingkan sebelum masuk paru-paru. Setelah melewati jantung, darah tersebut akan dipompa melalui peredaran darah sistemik. Masih ingatkah Anda pengertian peredaran darah sistemik?

Di dalam kapiler peredaran darah sistemik, perbedaan tekanan parsial menyebabkan terjadinya difusi oksigen dari darah menuju sel-sel tubuh. Pada saat yang bersamaan, karbon dioksida akan berdifusi dari sel-sel jaringan menuju darah. Setelah membuang O_2 dan mengangkut CO_2 , darah akan kembali ke jantung.

Logika Biologi

Apakah merokok berbahaya bagi sistem pernapasan Anda? Bagaimanakah pengaruh asap rokok terhadap sistem pernapasan?

6. Gangguan dan Penyakit pada Sistem Pernapasan Manusia

Sistem pernapasan pada manusia dapat mengalami gangguan dan penyakit. Banyak faktor yang dapat menyebabkan gangguan dan penyakit pada sistem pernapasan tersebut, seperti asap rokok, bakteri, faktor genetis, maupun kelainan fisiologis. Berikut akan dijelaskan beberapa gangguan dan penyakit pada sistem pernapasan manusia.

1. Kanker paru-paru: suatu kelainan pada sel-sel epitel bronkus. Kelainan tersebut dapat disebabkan oleh asap rokok dan polusi udara. Pada kanker paru-paru, sel-sel kanker menyebar di permukaan bronkus dan bagian tubuh lainnya. Gejala penyakit ini adalah batuk kronis, batuk dahak yang berdarah, dan napas yang berbunyi.
2. Asma: penyakit akibat penyempitan saluran paru-paru. Asma merupakan reaksi saluran pernapasan terhadap suatu rangsang ditambah dengan peradangan dan sekresi lendir yang berlebih. Penyebab penyakit ini, antara lain infeksi, asap rokok, debu, polusi udara, bulu binatang, dan ketidakstabilan emosi.
3. Tuberculosis (TBC): penyakit akibat infeksi oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, pada saluran pernapasan. Bakteri ini ditularkan melalui udara, kemudian masuk jaringan paru-paru. Gejala penyakit ini, antara lain berat badan turun, lesu, batuk-batuk, sesak napas, dan sakit dada.
4. Bronkitis: peradangan pada bronkus atau bronkiolus. Penyakit ini sering disebabkan oleh infeksi bakteri. Peradangan ini terjadi pada kelenjar mukosa sehingga menimbulkan produksi lendir yang berlebih. Asap rokok dan debu dapat merusak kelenjar mukosa pada bronkus sehingga memudahkan terjadinya bronkitis.



Sekilas Biologi

Flu burung atau avian influenza disebabkan oleh virus influenza tipe A jenis H5N1. Flu burung bisa menular pada manusia yang bersinggungan langsung dengan unggas yang terinfeksi flu burung. Unggas yang terinfeksi dapat menyebarkan virus ini melalui tinja yang mengering dan hancur menjadi semacam bubuk. Bubuk inilah yang dihirup oleh manusia atau binatang lainnya.

Sumber: www.vision.net.id, 1 juli 2004

Tugas Anda 6.1

Dewasa ini, banyak orang yang terkena penyakit kanker paru-paru dan penyakit pada sistem pernapasan yang lainnya. Salah satu penyebab penyakit kanker paru-paru adalah asap rokok.

Sebagai orang yang peduli terhadap kesehatan, buatlah makalah mengenai penyakit pernapasan. Buatlah makalah tersebut sangat menarik dengan memerhatikan aspek bahasa, materi, dan estetika. Makalah hasil karya Anda akan dinilai oleh guru Anda.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

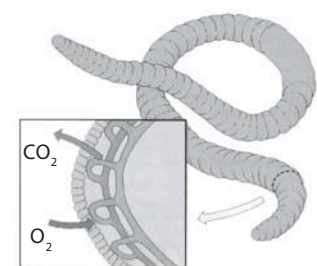
1. Apakah fungsi hidung dalam proses pernapasan?
2. Jelaskan mekanisme pertukaran oksigen dan karbon dioksida di dalam jaringan tubuh.
3. Faktor apa sajakah yang memengaruhi laju pernapasan?
4. Jelaskan mengenai volume udara di dalam paru-paru.

B. Sistem Pernapasan pada Hewan

Sistem dan mekanisme pernapasan pada hewan berbeda-beda. Hal ini disebabkan organ-organ pernapasan yang berbeda. Berikut akan dijelaskan sistem pernapasan pada beberapa hewan.

1. Cacing (Annelida)

Cacing tidak memiliki organ pernapasan khusus. Cacing menggunakan seluruh permukaan tubuhnya untuk bernapas. Oleh karena itu, kulit cacing yang tipis dan berlendir merupakan media yang cocok untuk pertukaran udara. Oksigen akan berdifusi ke dalam kulit dan diedarkan oleh sistem peredaran darah melalui kapiler. Sebaliknya, karbon dioksida di dalam darah akan berdifusi keluar tubuh cacing. Perhatikan Gambar 6.10.



Sumber: *Biology: Exploring Life*, 1994

Gambar 6.10

Cacing menggunakan kulitnya untuk bernapas.

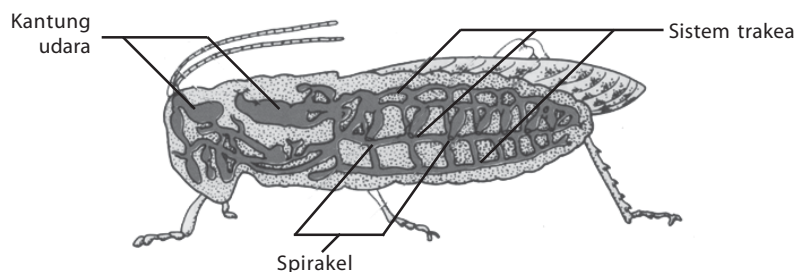
Kata Kunci

- Insang
- Sistem trakea
- Spirakel

2. Belalang (Insecta)

Belalang memperoleh oksigen melalui sistem pernapasan yang disebut **sistem trakea**. Sistem trakea ini bermuara pada suatu lubang yang disebut **spirakel**. Selain itu, belalang memiliki kantung udara yang memungkinkan untuk mengambil oksigen dalam jumlah besar. Laju pertukaran gas yang tinggi merupakan adaptasi yang penting bagi belalang.

Belalang bernapas dengan menggerakkan perutnya sehingga spirakelnya membuka dan menutup. Empat pasang spirakel anterior akan terbuka dan spirakel posterior akan terbuka. Kemudian, spirakel anterior menutup, spirakel posterior membuka, dan otot perut akan berkontraksi. Akibatnya, udara akan masuk ke dalam kantung udara dan sistem trakea. Perhatikan **Gambar 6.11**.



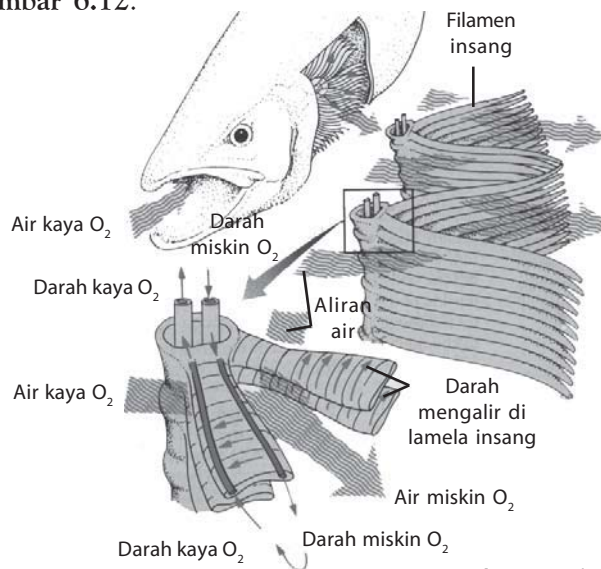
Gambar 6.11

Sistem pernapasan pada belalang.

Sumber: Heath Biology, 1985

3. Ikan (Pisces)

Ikan bernapas menggunakan insang. Ikan menggunakan oksigen yang terkandung di dalam air. Oleh karena itu, ikan selalu memasukkan air ke dalam mulutnya. Air yang masuk ke dalam mulut akan diteruskan menuju insang. Di sinilah terjadi proses pertukaran gas. Darah akan mengikat O_2 yang terdapat di dalam air. Sebaliknya, darah akan melepaskan CO_2 ke dalam air. Air yang masuk akan keluar melalui operkulum. Perhatikan **Gambar 6.12**.



Gambar 6.12

Ikan menggunakan insang untuk bernapas.

Sumber: Essentials of Biology, 1990

4. Katak (Amphibia)

Proses pernapasan pada katak dewasa dapat terjadi melalui kulit, rongga mulut, dan paru-paru. Adapun insang digunakan pada waktu berudu. Kulit katak dapat digunakan sebagai alat pernapasan karena tipis dan banyak mengandung pembuluh darah serta lembap karena

Logika Biologi

Hampir semua makhluk hidup memerlukan oksigen. Ikan yang hidup di air pun memerlukan oksigen. Dari manakah ikan mengambil oksigen? Apakah ikan dapat mengambil oksigen dari udara bebas? Mengapa?

adanya lendir. Hal ini menyebabkan oksigen dari udara dapat memasuki kulit menuju jantung melalui vena kutanea untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Darah yang banyak mengandung CO₂ dikeluarkan jantung melalui arteri pulmo kutanea menuju kulit lewat arteri kutanea. Pernapasan melalui kulit ini dilakukan katak, baik di darat maupun di air.

Paru-paru katak terdiri atas sepasang kantong tipis elastis yang pada permukaan dindingnya banyak lipatan. Akibatnya, permukaan paru-paru menjadi lebih luas. Hal ini akan mengoptimalkan pengikatan oksigen yang dilakukan pembuluh darah yang banyak terdapat di dinding permukaan paru-paru dan pelepasan karbon dioksida.

Pada paru-paru terjadi inspirasi dan ekspirasi (**Gambar 6.13**). Inspirasi dimulai dengan menutupnya mulut dan tekak. Otot sternohioideus berkontraksi dan menyebabkan rongga mulut membesar. Akibatnya, udara masuk ke tenggorokan melalui koane. Koane adalah lubang pada rongga hidung belakang. Setelah udara masuk, koane menutup dan otot rahang bawah berkontraksi sehingga rongga mulut mengecil. Akibatnya, udara masuk ke paru-paru. Di paru-paru inilah terjadi pertukaran gas.

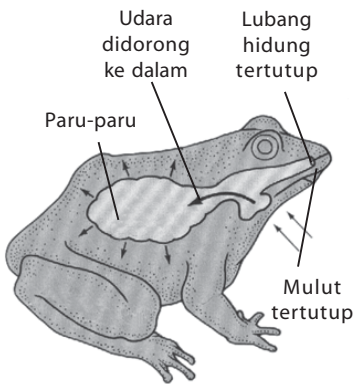
Bagaimana proses ekspirasi terjadi? Rahang bawah akan mengendur dan diikuti oleh kontraksi otot perut dan sternohioideus yang akan menyebabkan tertekannya paru-paru. Hal ini akan mendorong udara keluar dan masuk rongga mulut.

5. Burung (Aves)

Selain menggunakan paru-paru, burung memiliki kantung-kantung udara untuk membantu proses pernapasan. Hampir seluruh rongga tubuh burung dipenuhi oleh kantung-kantung udara. Kantung-kantung udara memungkinkan burung untuk mengambil udara dalam jumlah yang banyak dalam satu kali inspirasi. Perhatikan **Gambar 6.14**.

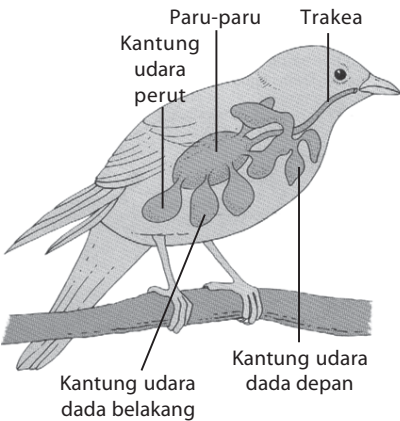
Udara akan masuk ke dalam pernapasan melalui lubang hidung (nares) pada paruh burung. Udara tersebut akan masuk ke faring, laring, trakea, dan siring (kotak suara). Di bawah siring, trakea bercabang menjadi bronkus. Setiap bronkus melewati paru-paru dan berakhir di kantung udara belakang. Cabang bronkus lainnya akan berakhir di kantung udara bagian depan. Pertukaran oksigen dan karbon dioksida terjadi pada cabang bronkus.

Ketika udara bergerak dari paru-paru menuju kantung udara depan, oksigen akan masuk ke dalam darah dan karbon dioksida masuk ke dalam bronkus. Ketika burung melakukan ekspirasi, udara yang kaya oksigen dari kantung udara belakang akan masuk ke paru-paru melalui bronkus. Kemudian, terjadi kembali pertukaran oksigen dan karbon dioksida. Pada burung, pertukaran antara oksigen dan karbon dioksida dapat berlangsung pada saat inspirasi maupun ekspirasi.



Sumber: *Essentials of Biology*, 1990

Gambar 6.13
Di paru-paru katak, terjadi inspirasi dan ekspirasi.



Sumber: *Biology: Discovering Life*, 1991

Gambar 6.14
Pernapasan pada burung dibentuk oleh kantung-kantung udara.

Latihan Pemahaman Subbab B

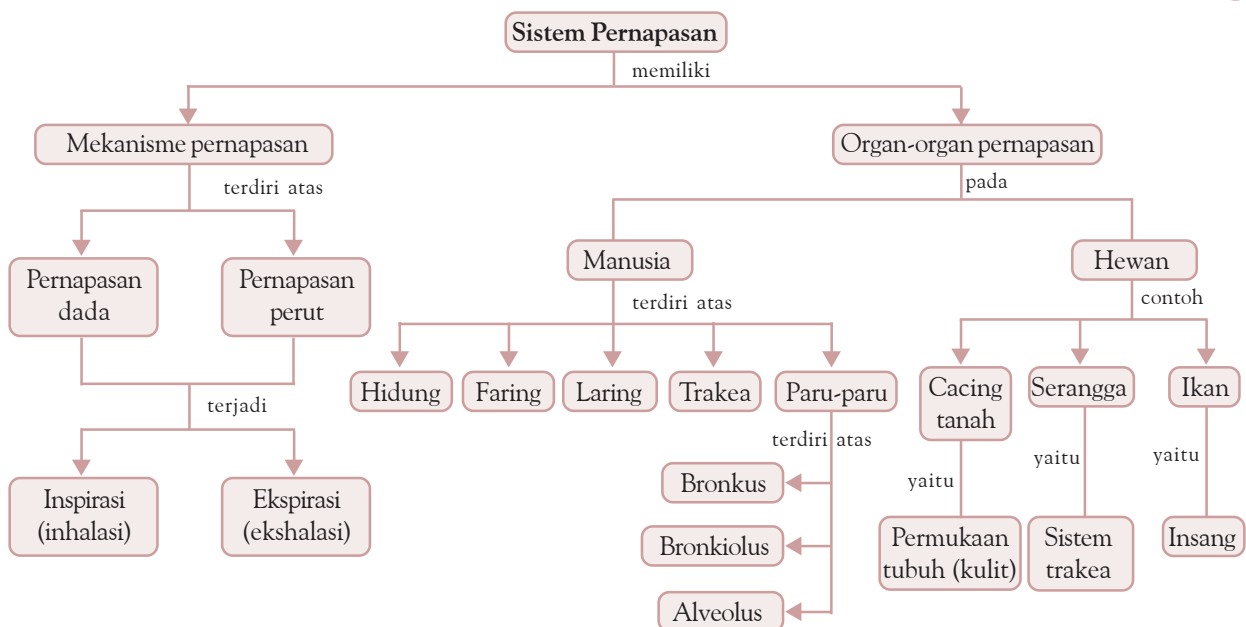
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan perbedaan antara sistem pernapasan ikan dan katak.
2. Apakah yang membedakan sistem pernapasan burung dan manusia?

Rangkuman

1. Terdapat dua proses pernapasan, yaitu inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi merupakan proses masuknya udara ke dalam saluran pernapasan. Adapun ekspirasi adalah proses keluarnya udara dari saluran pernapasan.
2. Sistem pernapasan manusia didukung oleh organ-organ pernapasan yaitu hidung, faring, laring, trakea, bronkus, bronkiolus, dan alveolus. Bronkus, bronkiolus, dan alveolus membentuk satu struktur yang disebut paru-paru.
3. Pada manusia, pernapasan dapat diatur oleh sistem saraf. Pusat pengaturan napas terletak di medula oblongata dan pons varoli.
4. Pertukaran oksigen dan karbon dioksida terjadi di dalam paru-paru dan jaringan tubuh. Pertukaran gas tersebut terjadi secara difusi. Difusi gas tersebut terjadi karena adanya perbedaan tekanan parsial O_2 dan CO_2 yang berbeda-beda.
5. Terdapat beberapa gangguan dan penyakit yang dapat terjadi pada sistem pernapasan manusia, seperti kanker paru-paru, asma, tuberculosis (TBC), dan bronkitis.
6. Sistem pernapasan pada hewan berbeda-beda, bergantung pada organ pernapasan yang menyusunnya. Misalnya, cacing menggunakan kulit di permukaan tubuhnya; serangga memiliki sistem trakea; serta burung yang memiliki kantung udara untuk membantu pernapasannya.

Peta Konsep



Refleksi

Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi **Sistem Pernapasan** ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda mengetahui betapa pentingnya organ-organ pernapasan bagi tubuh sehingga Anda mengerti untuk menjaga kesehatannya. Apakah Anda dapat menyebutkan manfaat yang lainnya?

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan

proses serta kelainan atau penyakit pada sistem pernapasan. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.

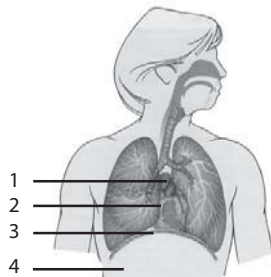
Evaluasi Kompetensi Bab 6

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

- Proses pertukaran udara antara udara di dalam darah dan udara di atmosfer disebut
 - pernapasan internal
 - pernapasan eksternal
 - pernapasan selular
 - pernapasan dada
 - pernapasan perut
- Lendir yang dihasilkan oleh sel goblet pada lapisan sel rongga hidung berfungsi
 - membasahi hidung
 - menutup rongga hidung
 - mengambil udara
 - menangkap kotoran yang masuk
 - pertukaran oksigen
- Urutan saluran pernapasan manusia dari luar ke dalam adalah
 - hidung–faring–laring–trakea–bronkus–alveolus
 - hidung–laring–faring–trakea–bronkus–alveolus
 - hidung–faring–laring–trakea–alveolus–bronkus
 - hidung–laring–faring–alveolus–trakea–bronkus
 - hidung–alveolus–bronkus–trakea–laring–faring
- Pertukaran gas pada alveolus paru-paru terjadi secara
 - osmosis
 - endositosis
 - difusi
 - eksositosis
 - transpor aktif
- Kotak suara terdapat pada nomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 1 dan 3
- Berikut ini adalah proses yang terjadi pada saat ekspirasi, *kecuali*
 - otot diafragma kontraksi
 - otot diafragma relaksasi
 - otot antartulang rusuk relaksasi
 - volume rongga dada mengecil
 - tulang-tulang rusuk turun
- Volume udara yang dihirup dan dikeluarkan pada keadaan istirahat disebut
 - volume suplemen
 - volume komplemen
 - volume tidal
 - volume residu
 - kapasitas vital
- Kontrol pernapasan merupakan kerja sama antara sistem pernapasan dan
 - sistem pencernaan
 - sistem otot
 - sistem eksresi
 - sistem saraf
 - sistem peredaran darah
- Berikut ini yang *tidak* memengaruhi laju pernapasan adalah
 - aktivitas
 - tinggi badan
 - jenis kelamin
 - suhu tubuh
 - posisi tubuh
- Pertukaran oksigen dan karbon dioksida merupakan hubungan antara sistem pernapasan dan
 - sistem pencernaan
 - sistem peredaran darah
 - sistem eksresi
 - sistem saraf
 - sistem otot
- Pertukaran oksigen dan karbon dioksida terjadi karena adanya
 - kontraksi otot
 - sistem pencernaan
 - kontrol pernapasan
 - perbedaan aktivitas
 - perbedaan tekanan

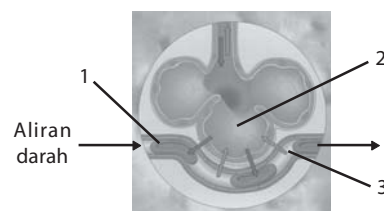
Untuk soal nomor 5–7, perhatikan gambar berikut.



5. Bagian-bagian bernomor adalah

	1	2	3	4
a.	bronkus	bronkiolus	laring	trakea
b.	bronkiolus	bronkus	laring	trakea
c.	laring	trakea	bronkus	bronkiolus
d.	laring	bronkus	bronkiolus	trakea
e.	trakea	bronkus	bronkiolus	faring

6. Pertumbuhan oksigen terjadi pada nomor
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 1 dan 3



Konsentrasi oksigen pada nomor 1, 2, dan 3 secara berturut-turut adalah

- rendah, tinggi, rendah
- tinggi, rendah, tinggi
- rendah, tinggi, tinggi
- rendah, rendah, tinggi
- tinggi, tinggi, tinggi

15. Peristiwa yang terjadi pada saat ekspirasi adalah

	Otot Diafragma	Diafragma	Otot Antartulang Rusuk	Tulang Rusuk
a.	kontraksi	rata	relaksasi	naik
b.	kontraksi	melengkung	kontraksi	turun
c.	kontraksi	rata	kontraksi	naik
d.	relaksasi	melengkung	relaksasi	turun
e.	relaksasi	rata	relaksasi	naik

16. Peristiwa yang terjadi setelah seseorang melakukan olahraga adalah

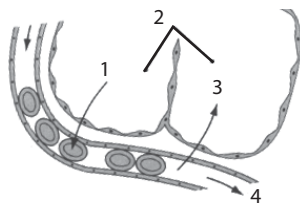
	Detak Jantung	Laju Pernapasan
a.	menurun	menurun
b.	menurun	meningkat
c.	meningkat	menurun
d.	meningkat	meningkat
e.	stabil	stabil

B. Soal Uraian

- Jelaskan secara singkat mengenai jalur pernapasan pada manusia.
- Apakah perbedaan inspirasi dan ekspirasi?
- Jelaskan mengenai volume udara paru-paru.

C. Soal Tantangan

- Gambar berikut menunjukkan alveolus dan pembuluh kapiler darah yang terdapat di paru-paru.



Sumber: *Biology for You*, 2002

- Tanda panah manakah yang menunjukkan kandungan oksigen tinggi?
 - Tanda panah manakah yang menunjukkan kandungan oksigen rendah?
 - Tanda manakah yang menunjukkan difusi karbon dioksida?
 - Menuju organ apakah tanda panah 4?
- Grafik berikut menunjukkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit paru-paru di Inggris dan Wales dari 1916–1960.

17. Dalam proses inspirasi, oksigen dapat berdifusi ke dalam alveolus karena

- alveolus terletak pada ujung saluran pernapasan
- membran alveolus tipis dan lembap
- permukaan alveolus sangat luas
- alveolus dikelilingi oleh kapiler darah
- oksigen diangkut oleh hemoglobin dalam darah

18. Penyakit pada sistem pernapasan akibat infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* adalah

- asma
- kanker paru-paru
- TBC
- bronkitis
- batuk

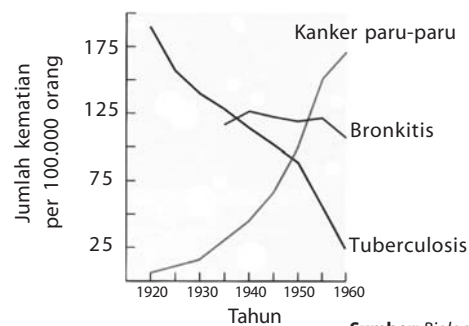
19. Organ pernapasan pada cacing adalah

- paru-paru
- seluruh permukaan tubuhnya
- insang
- kantung udara
- trakea

20. Pada burung, pertukaran oksigen dan karbon dioksida terjadi pada

- cabang bronkus
- nares
- faring
- laring
- kantung udara

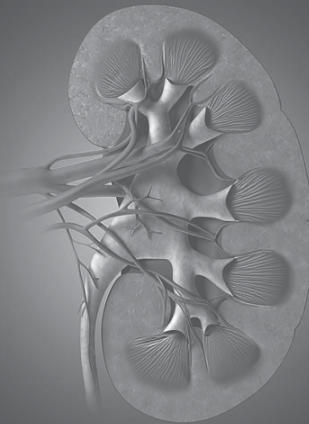
- Jelaskan secara singkat mengenai proses pertukaran oksigen dan karbon dioksida pada tubuh manusia.
- Sebutkan beberapa penyakit yang dapat terjadi pada sistem pernapasan manusia beserta penyebabnya.



Sumber: *Biology for You*, 2002

- Apakah penyebab kematian terbesar pada 1930?
 - Bagaimana angka kematian pada 1950?
 - Menurut Anda, mengapa angka kematian yang disebabkan oleh kanker paru-paru terus meningkat?
 - Menurut Anda, mengapa angka kematian yang disebabkan oleh TBC cenderung terus menurun?
- Populasi perokok dari tahun ke tahun terus meningkat. Padahal, hampir semua orang sudah tahu akan bahaya merokok. Perokok tidak hanya didominasi oleh orang dewasa, tetapi anak-anak dan wanita pun sudah banyak yang menjadi pecandu rokok. Usaha-usaha apakah yang dapat Anda lakukan sebagai pelajar untuk menyadarkan masyarakat akan bahaya merokok?

Bab 7



Sumber: www.gcarlson.com

Ginjal merupakan salah satu organ ekskresi yang menghasilkan urine.

Sistem Ekskresi

Hasil yang harus Anda capai:

menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan dan/atau penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem ekskresi pada manusia dan hewan (misalnya pada ikan dan serangga).

Pada bab sebelumnya, Anda telah mempelajari materi mengenai sistem pernapasan pada manusia. Organ utama pada sistem pernapasan manusia adalah paru-paru. Di dalam paru-paru terjadi proses pertukaran antara oksigen dan karbon dioksida.

Tahukah Anda bahwa selain merupakan organ pernapasan, paru-paru juga merupakan organ ekskresi? Karbon dioksida yang dikeluarkan oleh paru-paru merupakan sisa metabolisme di dalam sel. Selain itu, apabila Anda mengembuskan napas di depan cemin, akan terlihat adanya H_2O dalam bentuk uap air.

Pada bab ini, Anda akan mempelajari materi mengenai sistem ekskresi pada manusia dan hewan. Apa sajakah organ ekskresi pada manusia selain paru-paru? Bagaimanakah mekanisme ekskresi pada manusia? Dapatkah sistem ekskresi manusia mengalami gangguan atau penyakit? Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, Anda harus memahami materi pada bab ini terlebih dahulu. Selamat belajar.

A. Sistem Ekskresi pada Manusia

B. Sistem Ekskresi pada Hewan

Tes Kompetensi Awal

1. Menurut Anda, apakah fungsi ginjal?
2. Tahukah Anda, berapa jumlah ginjal pada manusia?

A. Sistem Ekskresi pada Manusia

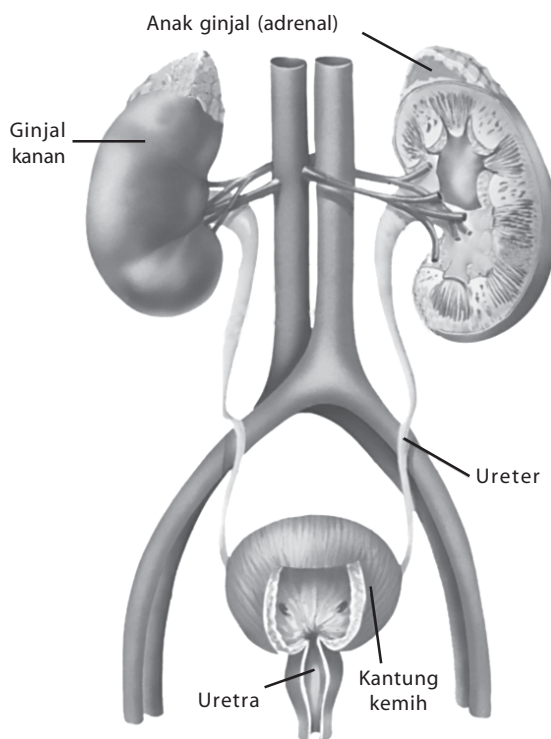
Apakah Anda pernah merasa haus setelah berolahraga berat? Atau setelah berjalan di bawah terik matahari? Setelah berolahraga berat atau aktivitas lainnya, kita akan merasa haus. Hal itu disebabkan tubuh telah kehilangan banyak cairan (keringat). Keringat merupakan sisa metabolisme yang sudah tidak diperlukan lagi oleh tubuh. Sisa-sisa metabolisme tersebut dapat dikeluarkan dalam bentuk gas maupun cairan.

Manusia memiliki sistem ekskresi yang cukup kompleks. Untuk itu, sistem ekskresi pada manusia dilengkapi dengan organ-organ khusus yang berperan dalam proses ekskresi.

1. Organ-Organ Ekskresi

Manusia memiliki organ ekskresi yang kompleks dibandingkan dengan makhluk hidup lainnya. Organ-organ ekskresi tersebut sangat penting dalam menjalankan fungsinya, seperti mengeluarkan sisa-sisa metabolisme, mengatur homeostatis tubuh, dan mengatur kadar pH cairan tubuh. Apa sajakah organ ekskresi pada manusia? Simaklah penjelasan berikut ini.

a. Ginjal



Sumber: Human Body, 2002

Gambar 7.1

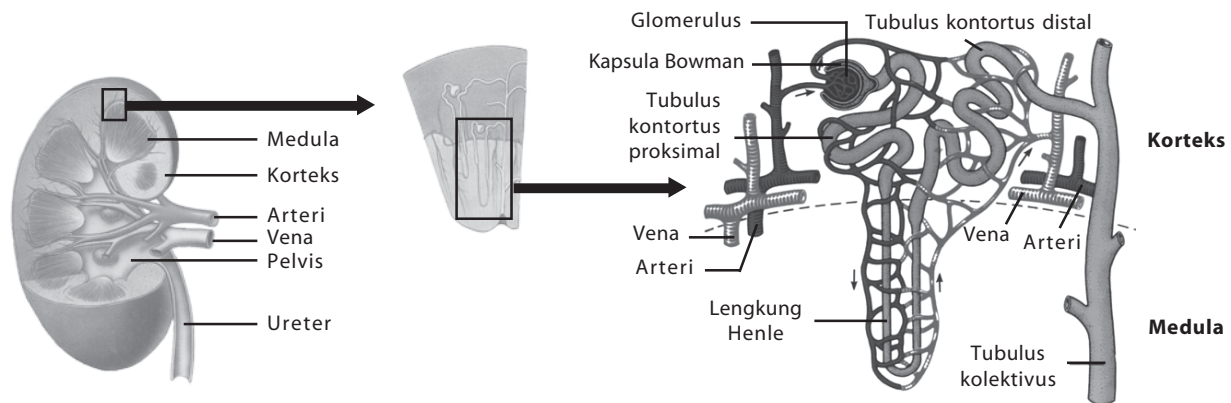
Ginjal merupakan bagian dari sistem urinaria.

Setiap hari, kita akan selalu mengeluarkan sisa metabolisme dalam bentuk cairan. Proses tersebut salah satunya adalah buang air kecil (urine). Urine yang dibuang setiap hari merupakan hasil dari sistem urinaria. Pusat atau organ utama dari sistem urinaria adalah ginjal.

Fungsi utama dari sistem urinaria adalah memproduksi urine. Selain itu, sistem urinaria dapat mempertahankan keseimbangan air di dalam tubuh, mempertahankan volume dan komposisi cairan dalam tubuh, serta mengatur pH cairan tubuh. Hal-hal tersebut terjadi karena ginjal dapat mengeluarkan secara selektif sisa-sisa metabolisme dan air dalam jumlah tertentu. Dengan begitu, komposisi cairan tubuh berada dalam keadaan optimal. Sistem urinaria terdiri atas dua ginjal, dua ureter, satu vesica urinaria (kantung kemih), dan satu uretra. Perhatikan **Gambar 7.1**.

Ginjal merupakan organ yang berbentuk menyerupai kacang. Ginjal memiliki ukuran panjang 11–12 cm, lebar 6 cm, dan tebal 3 m. Organ ini terletak di dekat ruas-ruas tulang belakang bagian pinggang.

Ginjal pada manusia terdiri atas satu pasang (kiri dan kanan). Ginjal kanan terletak sedikit lebih rendah dari ginjal kiri. Hal ini disebabkan di atas ginjal kanan terdapat hati. Ginjal terdiri atas tiga bagian, yaitu korteks, medula, dan pelvis.



Sumber: *Biology: The Unity and Diversity of Life*, 1995; *Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran*, 1995

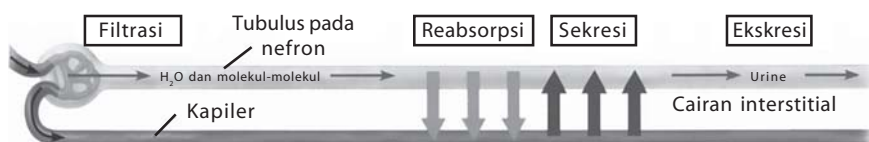
Gambar 7.2

Ginjal mengandung jutaan nefron.

Ginjal mengandung jutaan unit fungsional terkecil yang disebut **nefron**. Setiap nefron terdiri atas saluran (tubulus) nefron yang berhubungan dengan pembuluh darah. Nefron merupakan miniatur (bentuk kecil) dari fungsi ginjal. Nefron bekerja dengan cara mengolah sejumlah darah menjadi urine. Setiap nefron memiliki ujung dan pangkal pada bagian korteks. Pada nefron terdapat pula kapsula Bowman, suatu bagian berbentuk seperti mangkuk. Pada ujung lainnya dari nefron terdapat **tubulus kolektivus** (saluran pengumpul).

Gambar 7.2 menunjukkan struktur nefron secara detail beserta pembuluh darahnya. Di dalam kapsula Bowman terdapat suatu kumpulan pembuluh darah kapiler yang disebut **glomerulus**. Glomerulus berfungsi dalam filtrasi darah untuk pembentukan urine. Saluran (tubulus) pada nefron terdiri atas tiga bagian, yaitu **tubulus kontortus proksimal**, **lengkung Henle**, dan **tubulus kontortus distal**.

Proses pembentukan urine terjadi di bagian nefron. Pembentukan urine terjadi melalui tiga proses, yaitu **filtrasi**, **reabsorpsi**, dan **sekresi** (Campbell, 1998: 888).



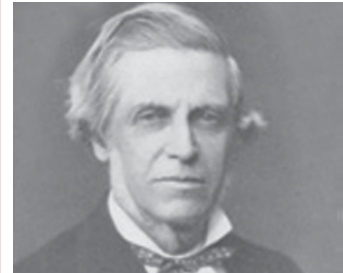
Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Selama filtrasi, air dan molekul-molekul kecil lainnya masuk dari kapiler menuju saluran-saluran pada nefron melalui glomerulus. Setelah filtrasi, darah akan mengalami reabsorpsi. Pada proses reabsorpsi, air, glukosa, garam, asam amino, dan ion-ion lainnya akan dikembalikan ke dalam darah. Adapun pada proses sekresi, substansi di dalam darah akan dikembalikan ke dalam filtrat. Misalnya, jika terdapat kelebihan H^+ di dalam darah, maka ion H^+ akan disekresikan kembali ke dalam filtrat. Hal ini untuk menjaga agar darah tidak menjadi asam. Sekresi juga berfungsi menghilangkan berbagai bahan beracun di dalam darah. Proses terakhir adalah ekskresi. Urine hasil filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi akan keluar dari tubuh melalui ureter. Untuk mengetahui secara detail proses yang terjadi dalam pembentukan urine, perhatikan gambar berikut ini.



Sekilas Biologi

Sir William Bowman
(1816–1892)



Bowman adalah seorang dokter kelahiran Nantwich, Inggris. Ia meraih reputasi yang tinggi atas penelitiannya mengenai cara kerja ginjal.

Sumber: www.allbiographies.com

Gambar 7.3

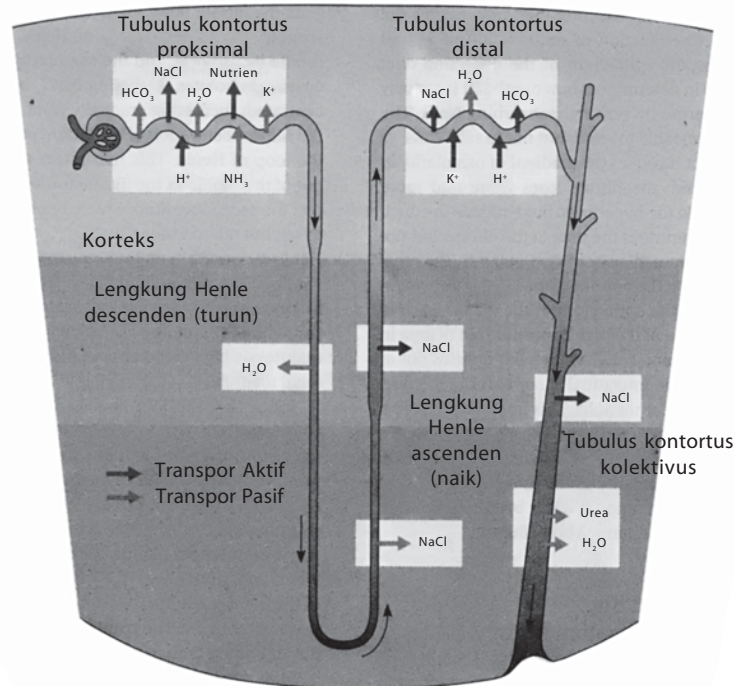
Proses pembuatan urine melalui tiga proses, yaitu filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi.

Kata Kunci

- Ginjal
- Glomerulus
- Kapsula Bowman
- Nefron

Kata Kunci

- Filtrasi
- Reabsorpsi
- Sekresi
- Urine



Gambar 7.4

Proses pembentukan urine

Sumber: *Biology*, 1998

Sekarang kita akan mempelajari bagaimana proses pembentukan urine oleh satu nefron dan tubulus kolektifus. Darah yang masuk ke glomerulus akan mengalami proses filtrasi. Hasil filtrasi darah glomerulus disebut urine primer atau filtrat glomerulus. Filtrat glomerulus tersebut akan masuk ke tubulus kontortus proksimal.

Pada tubulus kontortus proksimal, glukosa dan asam amino dari filtrat akan direabsorpsi menuju kapiler. NaCl akan direabsorpsi di tubulus kontortus proksimal dan kontortus distal. Pada saat NaCl direabsorpsi, air akan beremosmosis pula ke dalam darah. Selain itu, sekresi H^+ dan reabsorpsi HCO_3^- terjadi pula di tubulus kontortus proksimal dan tubulus kontortus distal.

Lengkung Henle dan tubulus kolektifus memiliki satu fungsi utama yaitu reabsorpsi air. Lengkung Henle akan membawa filtrat ke bagian medula dan kembali ke bagian korteks. Air akan meninggalkan tubulus karena cairan interstitial (darah) pada bagian medula memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan pada filtrat.

Pada bagian lengkung Henle ascenden (naik), reabsorpsi air akan berhenti karena tubulus tersebut impermeabel (tidak dapat ditembus) terhadap air. Pada bagian ini, terjadi reabsorpsi NaCl dari filtrat menuju darah.

Tahap terakhir filtrasi terjadi pada bagian tubulus kolektifus. Pada bagian ini terjadi reabsorpsi NaCl. Proses ini menentukan kadar garam di dalam urine. Pada bagian medula, tubulus kolektifus menjadi permeabel (dapat ditembus) terhadap urea. Akibatnya, urea akan direabsorpsi menuju darah. Ketika filtrat menuju medula, air akan lebih banyak direabsorpsi sebelum masuk ke pelvis.

Beberapa tubulus kolektifus akan bermuara di bagian pelvis yang kemudian akan menuju ureter sebelum akhirnya sampai di kantung kemih. Urine akan ditampung pada kantung kemih sebelum akhirnya dikeluarkan melalui uretra.



Fakta Biologi

Seluruh darah dalam tubuh mengalir melewati ginjal lebih dari 300 kali dalam sehari.

Sumber: *Science Library: Human Body*, 2004





Aktivitas Biologi 7.1

Komposisi Urine

Tujuan

Menguji adanya glukosa dalam urine

Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi
2. *Beaker glass*
3. Pemanas air
4. Larutan Benedict
5. Urine

Langkah Kerja

1. Masukkan 5–6mL larutan Benedict ke dalam tabung reaksi.
2. Kemudian, tabung reaksi ini dimasukkan ke dalam *Beaker glass* berisi air yang dipanaskan di atas kaki tiga dan lampu spiritus kurang lebih 10 menit.
3. Selanjutnya, ke dalam tabung reaksi diteteskan 8–10 tetes urine yang telah Anda siapkan. Biarkan sampai beberapa menit di dalam *Beaker glass* yang dipanaskan.
4. Kemudian, tabung reaksi tersebut diangkat untuk diamati perubahan warnanya.

Pertanyaan

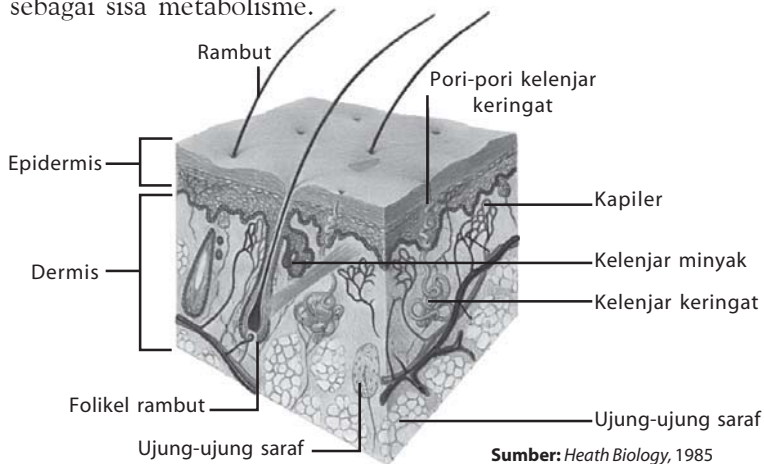
1. Perubahan warna apakah yang terjadi setelah urine diteteskan ke dalam larutan Benedict yang dipanaskan?
2. Apakah arti perubahan warna yang terjadi dalam percobaan ini?

b. Kulit

Kulit pada manusia memiliki beberapa fungsi, yaitu sebagai pelindung tubuh, pengatur suhu tubuh, peraba, tempat sintesis vitamin D, serta pelindung jaringan di bawahnya. Dalam kajian ekskresi, kulit berfungsi mengeluarkan sisa metabolisme berupa garam dan senyawa lainnya dalam bentuk keringat.

Kulit manusia tersusun atas dua lapisan jaringan, yaitu **epidermis** dan **dermis**. Epidermis tersusun atas lapisan sel-sel epitel. Apabila lapisan sel epitel paling atas rusak atau mati, akan digantikan oleh sel-sel epitel yang baru.

Adapun dermis mengandung beberapa jaringan ikat, seperti jaringan lemak. Pada dermis terdapat pula folikel rambut. Folikel tersebut menghasilkan rambut. Selain itu, pada dermis terdapat kelenjar minyak (*glandula sebacea*), pembuluh darah, kelenjar keringat, dan ujung-ujung saraf. Sebagai proses ekskresi, kelenjar keringat mengeluarkan keringat sebagai sisa metabolisme.



Kata Kunci

- Dermis
- Epidermis
- Kulit



Fakta Biologi

Kulit tertipis berada pada kelopak mata, yaitu sekitar 0,5 mm tebalnya.

Sumber: Science Library: Human Body, 2004

Gambar 7.5

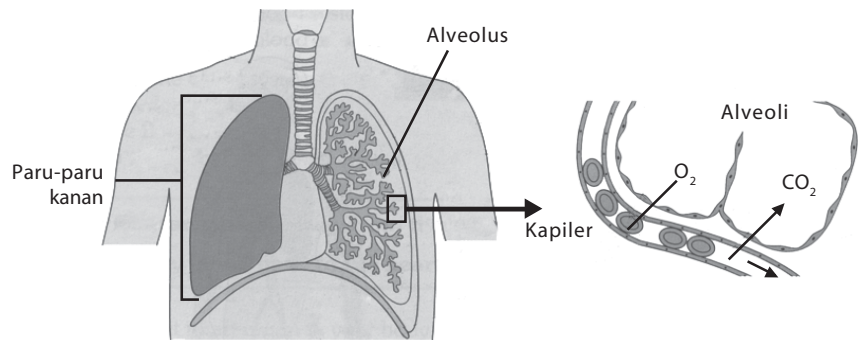
Kulit mengeluarkan keringat sebagai proses ekskresi.

Kata Kunci

- Cairan empedu
- CO₂
- Hati
- Paru-paru

c. Paru-paru

Pada pelajaran sebelumnya, kita mengenal bahwa paru-paru berperan sebagai organ pada sistem pernapasan. Pada sistem pernapasan, paru-paru berfungsi menarik O₂ dari atmosfer ke dalam tubuh dan mengeluarkan CO₂ dari darah ke atmosfer (luar tubuh). Oleh karena itu, paru-paru dapat dimasukkan ke dalam organ ekskresi karena berfungsi mengeluarkan CO₂ dan uap air hasil metabolisme sel-sel tubuh. Perhatikan **Gambar 7.6**.



Gambar 7.6

Paru-paru mengeluarkan CO₂ sebagai hasil metabolisme sel-sel tubuh.

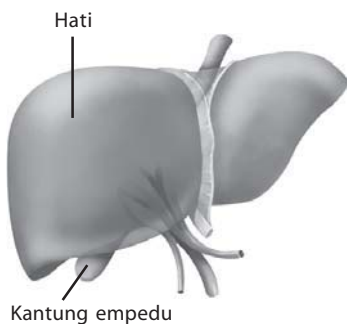
Sumber: *Biology For You*, 2002

d. Hati

Hati merupakan organ yang terletak di sebelah kanan atas rongga perut di bawah diafragma. Hati (**Gambar 7.7**) memiliki beberapa fungsi, seperti memproduksi protein plasma; pusat metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat; pusat penetralan zat-zat beracun; dan gudang penyimpanan berbagai zat.

Dalam proses ekskresi, hati berfungsi menghasilkan cairan empedu. Cairan empedu mengandung beberapa bahan, seperti garam-garam empedu, pigmen empedu (bilirubin), kolesterol, mineral, dan air.

Bilirubin merupakan hasil perombakan hemoglobin darah yang berlangsung di dalam hati. Hemoglobin pada sel-sel darah merah yang rusak akan dipecah menjadi *heme* dan *globin*, serta zat besi. Globin dan zat besi akan digunakan kembali oleh tubuh. Adapun heme diubah menjadi bilirubin. Di dalam hati, bilirubin tersebut diubah menjadi urobilin yang akan diserap kembali oleh usus. Urobilin tersebut akan diekskresikan oleh ginjal di dalam urine. Urobilin memberikan warna kuning pada urine, sedangkan bilirubin memberikan warna kuning pada feses.



Sumber: *Biology For You*, 2002

Gambar 7.7

Hati berfungsi menghasilkan cairan empedu.

2. Gangguan dan Penyakit pada Sistem Ekskresi Manusia

Sistem ekskresi manusia dapat mengalami gangguan dan penyakit. Gangguan dan penyakit tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kurang minum, infeksi bakteri, kelainan fungsi hormon, serta kelainan fisiologis organ-organ ekskresi. Berikut ini akan dijelaskan beberapa contoh gangguan dan penyakit pada sistem ekskresi.

a. Gagal Ginjal

Gagal ginjal adalah kelainan pada ginjal sehingga tidak bisa menjalankan fungsinya sebagai organ ekskresi. Hal ini tentu saja akan memengaruhi fisiologis darah dan homeostatis tubuh. Untuk mengatasi gagal ginjal, sebaiknya dilakukan cuci darah (**hemodialisis**) atau transplantasi ginjal. Penyebab gagal ginjal yang utama adalah diabetes. Hipertensi dan cacat bawaan juga dapat menyebabkan gagal ginjal.

Logika Biologi

Jumlah ginjal di dalam tubuh kita ada dua buah. Apakah kita dapat hidup jika dengan satu ginjal saja?

b. Vrolitiasis (Batu Ginjal)

Vrolitiasis merupakan gangguan fungsi ginjal akibat adanya pembentukan batu pada saluran urine. Batu ginjal dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kelainan hormon paratinoid sehingga ekskresi kalsium dan fosfat bertambah; kurang minum; terlalu banyak mengonsumsi mineral terutama kalsium dan fosfor; dan urine yang terlalu asam. Batu ginjal dapat menyebabkan sakit pada saat buang air kecil, infeksi saluran urine, dan kerusakan sel-sel ginjal.

c. Pielonefritis

Pielonefritis adalah peradangan ginjal pada bagian korteks dan medula. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi *Escherichia coli*.

d. Glomerulonefritis

Glomerulonefritis adalah peradangan ginjal khususnya bagian glomerulus. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi bakteri *Streptococcus*. Peradangan pada glomerulus mengakibatkan terganggunya proses filtrasi. Penyakit ini ditandai dengan adanya protein dalam darah (proteinuria), adanya darah dalam urine (hematuria), serta hipertensi.



Sekilas Biologi

Cuci darah merupakan terapi yang menggantikan fungsi ginjal untuk mengeluarkan air, elektrolit, dan zat toksik dari tubuh yang tidak dikeluarkan pada penderita gagal ginjal. Biasanya dokter memiliki indikasi tertentu sebelum memulai terapi darah, misalnya kadar urea yang tinggi (di atas 200 mg), keadaan darah yang asam (asidosis), kadar kalium dalam darah tinggi (hiperkalemia), kelebihan cairan dalam tubuh dengan gejala gagal jantung, serta kesadaran menurun.

Sumber: www.kompas.com, 27 Oktober 2002

Tugas Anda 7.1

Gagal ginjal merupakan suatu kelainan pada ginjal sehingga tidak bisa menjalankan fungsinya sebagai organ ekskresi. Gagal ginjal dapat diatasi dengan cara cuci darah (hemodialisis) atau transplantasi ginjal.

Carilah informasi mengenai cuci darah dan transplantasi ginjal tersebut, baik itu teknik, cara kerja, dan manfaatnya. Anda dapat mencari sumber melalui surat kabar atau internet. Buatlah tugas tersebut dalam bentuk kerja ilmiah.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan proses pembentukan urine.
2. Apakah fungsi paru-paru dalam sistem ekskresi?
3. Apakah fungsi hati dalam sistem ekskresi?
4. Tuliskan tiga gangguan atau penyakit pada sistem ekskresi manusia.

B. Sistem Ekskresi pada Hewan

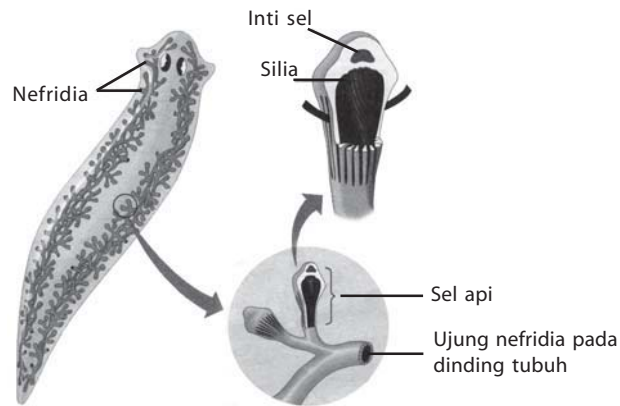
Seperti halnya manusia, hewan pun perlu untuk mengeluarkan sisa-sisa metabolisme di dalam tubuhnya. Sistem ekskresi pada hewan berbeda-beda. Hal itu bergantung kepada organ ekskresi yang dimilikinya. Apa sajakah organ ekskresi pada hewan?

1. Planaria

Planaria memiliki organ ekskresi yang sederhana. Organ ekskresi pada planaria berupa jaringan menyerupai pipa yang bercabang-cabang. Organ tersebut dinamakan **nefridia**. Ujung dari setiap jaringan tersebut terdapat **sel api** (*flame cell*). Cara kerja dari sel api yaitu terus bergerak untuk menyerap dan menyaring sisa-sisa metabolisme. Sisa-sisa metabolisme tersebut akan dialirkan ke nefridia untuk dikeluarkan melalui saluran ekskretori. Perhatikan **Gambar 7.8**.

Kata Kunci

- Nefridia
- Sel api



Gambar 7.8

Nefridia merupakan organ ekskresi pada planaria.

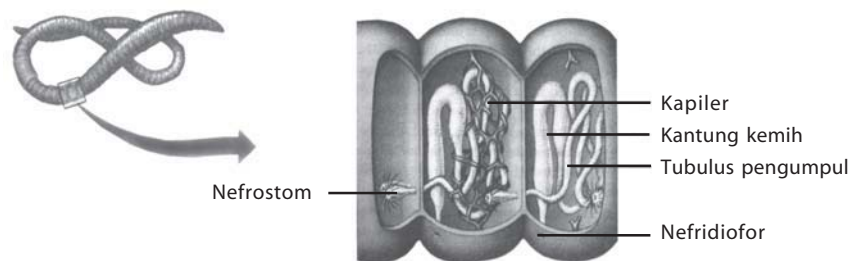
Sumber: *Biology*, 1998

2. Cacing Tanah

Cacing tanah memiliki organ ekskresi yang disebut nefridia. Cacing tanah dapat mengeluarkan sampah nitrogen. Nefridia pada cacing tanah terdapat pada setiap segmen tubuhnya. Pada nefridia bagian depan, terdapat silia yang disebut **nephrostom**. Nephrostom ini berada dekat pada setiap sekat antarsegmen tubuh. Nephrostem berfungsi menyaring cairan yang kemudian akan masuk menuju saluran (tubulus), perhatikan **Gambar 7.9**. Saluran tersebut diliputi oleh pembuluh darah kapiler. Di sinilah terjadi reabsorpsi senyawa-senyawa yang masih dibutuhkan oleh tubuh.

Kata Kunci

- Nephrostom
- Tubulus Malpighi



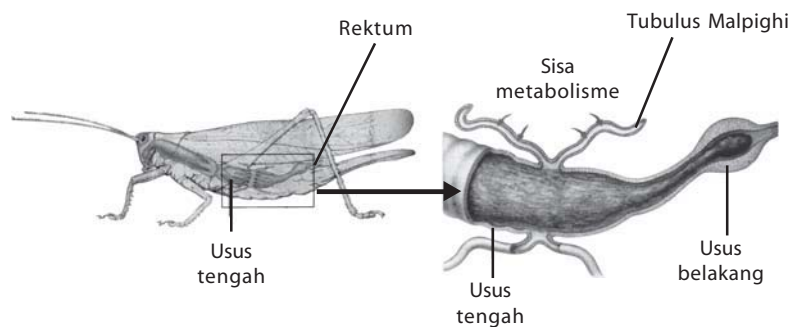
Gambar 7.9

Sistem ekskresi pada cacing tanah

Sumber: *Biology*, 1998

3. Belalang

Belalang memiliki organ ekskresi yang disebut **tubulus Malpighi**. Tubulus tersebut berada pada rongga perut dan melekat pada usus belalang. Proses ekskresi diawali dengan masuknya sampah nitrogen dari darah ke dalam tubulus Malpighi, perhatikan **Gambar 7.10**. Sisa metabolisme tersebut diekskresikan ke dalam usus, kemudian dikeluarkan bersama sampah metabolisme padat melalui rektum.



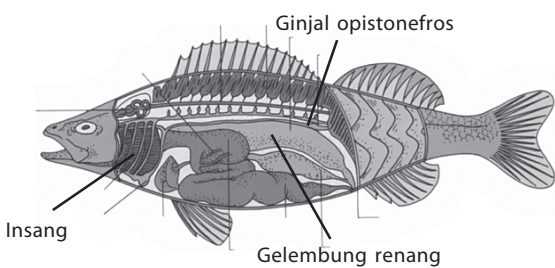
Gambar 7.10

Tubulus Mapighi merupakan organ ekskresi pada belalang.

Sumber: *Biology*, 1998

4. Ikan (Pisces)

Organ ekskresi pada ikan adalah sepasang ginjal **opistonefros**. Opistonefros ini berbentuk lonjong dan berwarna cokelat (**Gambar 7.11**). Opistonefros berhubungan dengan sistem reproduksi.

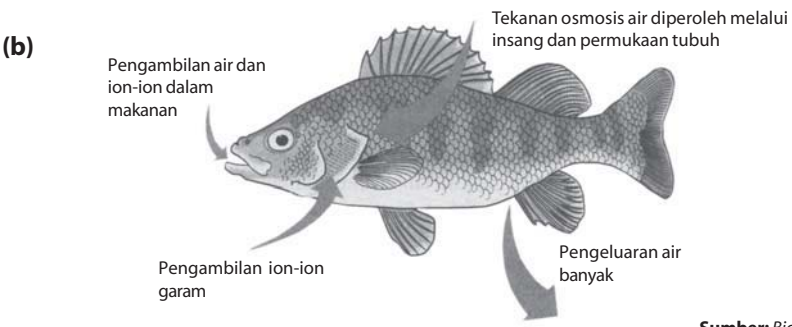
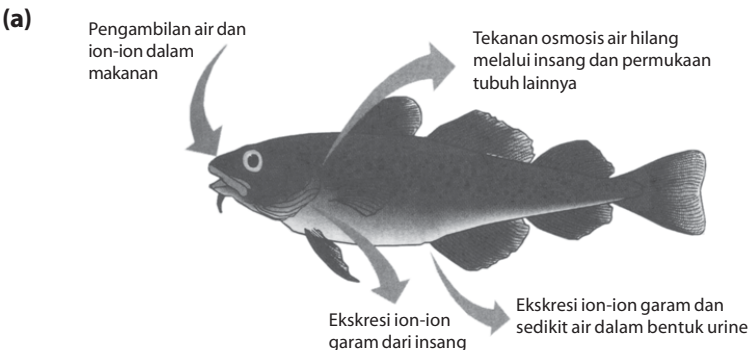


Sumber: Heath Biology, 1995

Ikan beradaptasi terhadap lingkungannya dengan cara yang khusus. Terdapat perbedaan adaptasi antara ikan air laut dan ikan air tawar dalam proses ekskresi. Keduanya memiliki cara yang berlawanan dalam mempertahankan keseimbangan kadar garam di dalam tubuhnya.

Ikan air laut memiliki konsentrasi garam yang tinggi di dalam darahnya. Ikan air laut cenderung untuk kehilangan air di dalam sel-sel tubuhnya karena proses osmosis. Untuk itu, insang ikan air laut aktif mengeluarkan garam dari tubuhnya. Adapun ginjal ikan air laut menyekresikan sedikit urine. Hal ini menjaga agar ikan air laut tidak kekurangan air di dalam tubuhnya.

Ikan air tawar memiliki cara yang berbeda. Ikan air tawar cenderung untuk menyerap air dari lingkungannya dengan cara osmosis. Insang ikan air tawar secara aktif memasukkan garam dari lingkungan ke dalam tubuh. Ginjalnya membantu dengan menyekresikan urine dengan konsentrasi air yang tinggi.



Sumber: Biology, 1998

Gambar 7.11

Organ ekskresi pada ikan adalah ginjal opistonefros.



Sekilas Biologi

Marcello Malpighi
(1638–1694)



Malpighi adalah seorang ilmuwan Italia yang berperan dalam penelitian struktur hewan. Banyak bagian tubuh yang diberi nama sesuai dengan nama penemunya. Salah satunya adalah badan Malpighi yang merupakan bagian dari nefron.

Sumber: Concise Encyclopedia Nature, 1994

Gambar 7.12

Sistem ekskresi pada (a) ikan air laut, dan (b) ikan air tawar

Latihan Pemahaman Subbab B

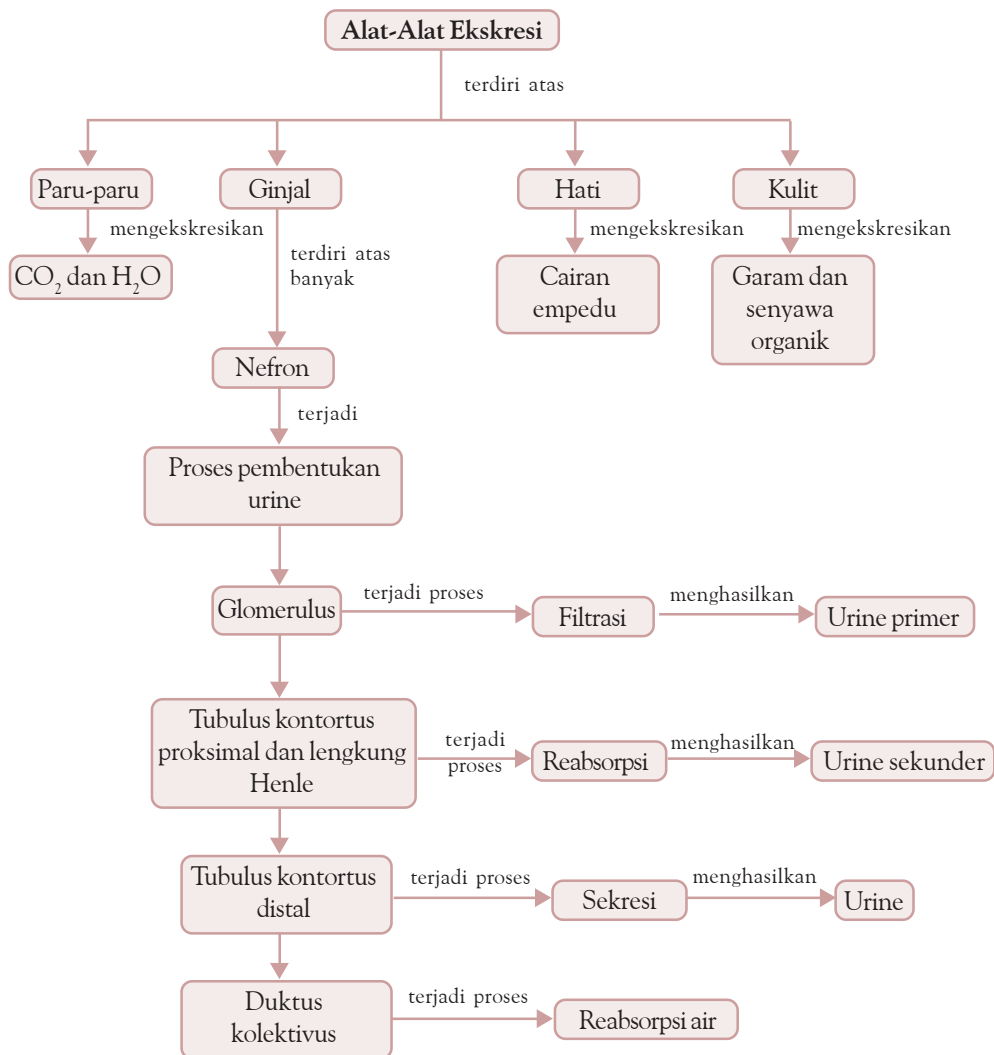
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Bagaimana proses ekskresi pada planaria?
2. Jelaskan adaptasi pada ikan air laut dan ikan air tawar dalam proses ekskresi.

Rangkuman

1. Sisa metabolisme sel-sel tubuh harus dikeluarkan, baik dalam bentuk gas maupun cairan. Sisa-sisa metabolisme itu dikeluarkan melalui sistem ekskresi. Sistem ekskresi berfungsi mengeluarkan sisa metabolisme yang tidak diperlukan oleh tubuh.
2. Sistem ekskresi pada manusia didukung oleh beberapa organ ekskresi, yaitu ginjal, kulit, paru-paru, dan hati. Semua organ ekskresi tersebut memiliki struktur dan fungsi khusus dalam pengeluaran sisa metabolisme.
3. Ginjal pada manusia berjumlah sepasang. Ginjal berfungsi menghasilkan urine. Ginjal terdiri atas tiga bagian, yaitu korteks, medula, dan pelvis. Ginjal mengandung jutaan unit fungsional yang disebut nefron. Nefron tersebut terdiri atas kapsula Bowman, glomerulus, tubulus kolektivus, tubulus kontortus distal, tubulus kontortus proksimal, dan lengkung Henle.
4. Proses pembentukan urine di nefron terjadi melalui tiga proses, yaitu filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi. Pada proses filtrasi, air dan molekul-molekul lainnya akan disaring di glomerulus. Reabsorpsi adalah proses penyerapan air dan molekul-molekul lainnya yang masih berguna bagi tubuh. Pada proses sekresi, substansi di dalam darah akan dikembalikan ke dalam filtrat dan menghilangkan berbagai bahan beracun di dalam darah.
5. Selain berperan sebagai pelindung tubuh, kulit berperan juga di dalam proses ekskresi. Kulit akan mengeluarkan sisa metabolisme berupa garam dan senyawa lainnya dalam bentuk keringat. Kulit manusia tersusun atas dua lapisan jaringan, yaitu epidermis dan dermis. Keringat dibentuk oleh kelenjar keringat yang berada di lapisan dermis kulit.
6. Paru-paru termasuk pula ke dalam organ ekskresi karena paru-paru mengeluarkan karbon dioksida (CO_2) dan uap air yang merupakan hasil metabolisme sel-sel tubuh.
7. Organ tubuh yang berperan pula dalam proses ekskresi adalah hati. Dalam proses ekskresi, hati berfungsi menghasilkan cairan empedu. Cairan empedu mengandung beberapa bahan, seperti garam-garam empedu, pigmen empedu (bilirubin), kolesterol, mineral, dan air.
8. Hewan juga perlu untuk mengeluarkan sisa-sisa metabolisme dari dalam tubuhnya. Sistem ekskresi pada hewan berbeda-beda. Pada planaria dan cacing tanah, organ ekskresi berupa nefridia. Belalang memiliki organ ekskresi yang disebut tubulus Malpighi. Adapun pada ikan, organ ekskresinya berupa sepasang ginjal opistonefros.

Peta Konsep



Refleksi

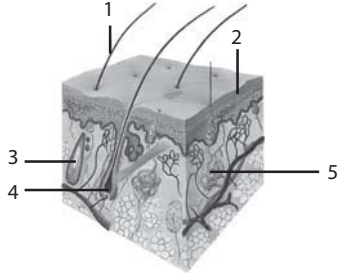
Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi **Sistem Ekskresi** ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda dapat menjaga organ-organ ekskresi agar terhindar dari penyakit sistem ekskresi. Dapatkah Anda menyebutkan manfaat lainnya?

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan atau penyakit pada sistem ekskresi. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

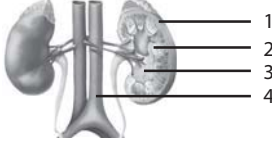
Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

- Eksresi sebagai salah satu ciri makhluk hidup berfungsi untuk
 - membuang sampah sisa metabolisme
 - merangsang pengeluaran hormon
 - mengeluarkan zat yang berperan dalam metabolisme
 - menambah zat-zat yang sudah tidak diperlukan oleh tubuh
 - menjaga keseimbangan tekanan osmosis tubuh
- Sebagai organ ekskresi, kulit mengeluarkan sisa metabolisme dalam bentuk
 - urine
 - feses
 - hormon
 - uap air
 - keringat
- Perhatikan gambar berikut.
 

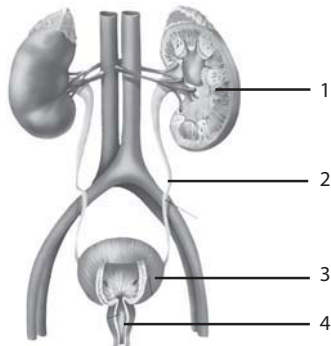
Bagian kulit yang berfungsi menghasilkan keringat ditunjukkan oleh nomor

 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Paru-paru dimasukkan pula ke dalam organ ekskresi karena mengeluarkan hasil metabolisme sel-sel tubuh berupa
 - O_2
 - urine
 - CO_2
 - keringat
 - hormon
- Dalam sistem ekskresi, hati mengeluarkan sisa metabolisme dalam bentuk
 - O_2
 - urine
 - keringat
 - cairan empedu
 - CO_2
- Organ ekskresi yang berfungsi mengeluarkan sisa metabolisme berupa urine adalah
 - paru-paru
 - ginjal
 - kulit
 - hati
 - jantung
- Organ ekskresi pada manusia yang berfungsi dalam filtrasi, reabsorpsi, dan augmentasi adalah
 - ginjal
 - kulit
 - hati
 - paru-paru
 - usus halus
- Bagian terluar dari ginjal disebut dengan
 - medula
 - pelvis
 - glomerulus
 - korteks
 - kapsula Bowman
- Unit fungsional terkecil dari ginjal yaitu
 - nukleus
 - neuron
 - nefron
 - glomerulus
 - medula
- Saluran urine yang menghubungkan ginjal dan vesica urinaria (kantung kemih) adalah
 - uretra
 - ureter
 - pelvis
 - glomerulus
 - kapsula Bowman
- Badan Malpighi pada ginjal terdiri atas
 - glomerulus dan pelvis
 - glomerulus dan kapsula Bowman
 - nefron dan glomerulus
 - nefron dan kapsula Bowman
 - kapsula Bowman dan pelvis
- Perhatikan gambar berikut.
 

Struktur ginjal secara berurutan korteks, medula, dan pelvis ditunjukkan oleh nomor

- a. 1, 2, dan 3
- b. 1, 2, dan 4
- c. 2, 3, dan 4
- d. 1, 3, dan 4
- e. 3, 2, dan 1

Untuk soal nomor 13 -15, perhatikanlah gambar berikut.



13. Secara berturut-turut, nomor 1–4 menunjukkan organ

	1	2	3	4
a.	kantung kemih	uretra	ginjal	ureter
b.	ureter	ginjal	kantung kemih	uretra
c.	uretra	ureter	ginjal	kantung kemih
d.	ginjal	uretra	kantung kemih	ureter
e.	ginjal	ureter	kantung kemih	uretra

14. Proses pembentukan urine terjadi pada organ dengan nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 1 dan 3
15. Urine akan dikeluarkan keluar tubuh melalui organ yang ditunjukkan oleh nomor

B. Soal Uraian

1. Jelaskan fungsi sistem ekskresi bagi tubuh manusia.
2. Tuliskan organ-organ ekskresi pada manusia beserta zat yang dikeluarkannya.
3. Apakah yang terjadi apabila zat-zat sisa hasil metabolisme di dalam tubuh tidak dikeluarkan?
4. Jelaskan secara singkat proses pembentukan urine.
5. Tuliskan beberapa gangguan yang dapat terjadi pada sistem ekskresi manusia beserta penyebabnya.

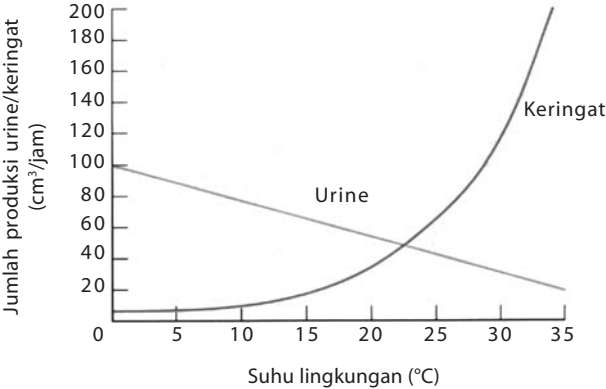
- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 1 dan 3

16. Pada proses filtrasi, glukosa dan asam amino merupakan zat yang lolos dalam penyaringan. Akan tetapi, zat ini tidak terdapat di urine karena adanya proses reabsorpsi yang terjadi di
 - a. kapsula Bowman
 - b. glomerulus
 - c. tubulus kolektifus
 - d. tubulus kontortus proksimal
 - e. tubulus kontortus distal
17. Zat berikut yang *tidak* ditemukan pada urine orang normal adalah
 - a. urea
 - b. air
 - c. natrium
 - d. garam
 - e. glukosa
18. Jika pada urine seseorang mengandung protein berarti terjadi kerusakan bagian ginjal di
 - a. glomerulus
 - b. tubulus proksimal
 - c. tubulus distal
 - d. lengkung Henle
 - e. kapsula Bowman
19. Planaria mengeluarkan hasil metabolisme nitrogen melalui
 - a. nefrion
 - b. tubulus Malpighi
 - c. opistonefron
 - d. ginjal
 - e. nefridia
20. Adaptasi pada ikan air laut untuk mempertahankan keseimbangan garam di dalam tubuhnya adalah
 - a. mengeluarkan banyak urine
 - b. mengeluarkan sedikit urine
 - c. mengeluarkan sedikit garam
 - d. banyak minum air
 - e. bergerak aktif

C. Soal Tantangan

1. Sesudah melakukan perlombaan olahraga profesional, panitia atau juri harus mengadakan uji urine kepada para atlet yang akan bertanding. Apakah maksud uji urine kepada para atlet?
2. Ginjal merupakan organ pertama yang sukses dalam transplantasi. Menurut Anda, hal apa sajakah yang harus diperhatikan dalam transplantasi ginjal?

3. Tabel berikut menunjukkan pengaruh perubahan suhu terhadap jumlah urine dan keringat yang dikeluarkan.



Sumber: Biology for You, 2002

- a. Pada suhu berapakah ketika jumlah urine yang dikeluarkan sama dengan jumlah keringat yang dikeluarkan?
- b. Bagaimana pengaruh suhu terhadap jumlah urine yang dikeluarkan?
- c. Mengapa jumlah urine yang dikeluarkan cenderung bertambah seiring dengan penambahan suhu?

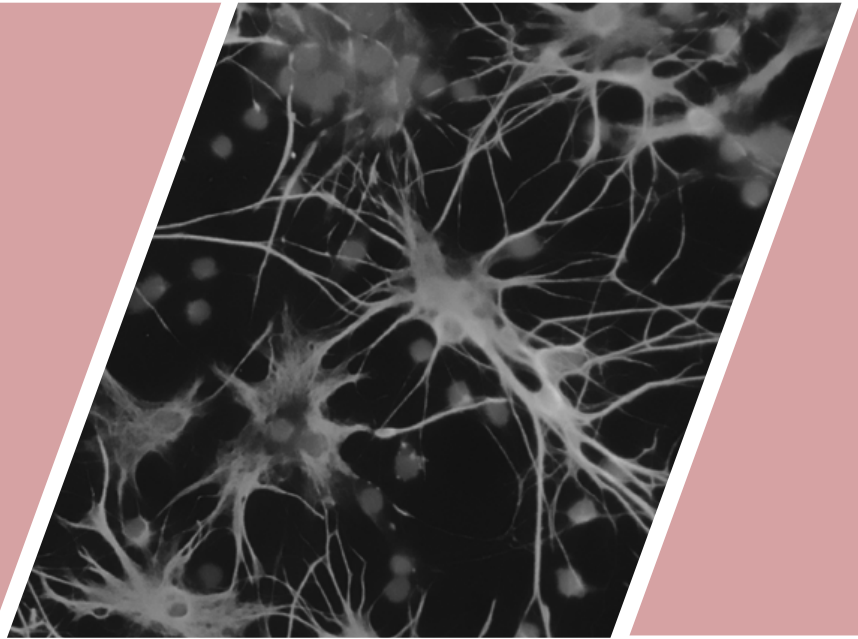
4. Tabel berikut menunjukkan zat-zat yang berada dalam daerah yang menuju ginjal di dalam nefron dan di urine (mg/dm³).

Zat-Zat	Darah Menuju Ginjal	Nefron	Urine
Urea	0,4	20	20
Glukosa	1,5	1,5	0
Asam amino	0,8	0,8	0
Garam mineral	8,0	8,0	16,5
Protein	82	0	0

Sumber: Biology for You, 2002

- a. Zat apakah yang banyak terkandung di nefron?
- b. Zat-zat apakah yang dapat menembus nefron?
- c. Zat-zat apakah yang mengalami reabsorpsi di nefron?
- d. Mengapa jumlah garam-garam mineral di urine bertambah?

Bab 8



Sumber: *Human Body*, 2002

Sel saraf berfungsi menghantarkan impuls atau rangsang.

Sistem Regulasi

Hasil yang harus Anda capai:

menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan dan/atau penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem regulasi manusia (saraf, endokrin, dan penginderaan).

Pada bab sebelumnya, Anda telah mempelajari materi mengenai sistem ekskresi. Ekskresi merupakan proses pengeluaran sisa metabolisme yang tidak digunakan oleh tubuh, baik itu berupa gas maupun cairan. Sisa metabolisme dalam bentuk cairan dikeluarkan oleh tubuh berupa urine. Tahukah Anda bahwa pengeluaran urine dipengaruhi oleh hormon?

Hormon merupakan salah satu penyusun sistem hormon (endokrin). Hormon dapat memengaruhi aktivitas suatu sel yang ditujunya. Oleh karena itu, sistem hormon termasuk ke dalam sistem regulasi. Sistem regulasi berfungsi mengatur kerja seluruh sistem organ yang ada pada tubuh manusia. Misalnya, jika tangan Anda menyentuh benda yang panas, Anda akan secara cepat menarik tangan Anda. Peristiwa tersebut melibatkan beberapa organ tubuh yang diatur oleh sistem regulasi.

Pada bab ini, Anda akan mempelajari materi mengenai sistem regulasi. Sistem apa sajakah yang termasuk ke dalam sistem regulasi? Bagaimana mekanisme kerja sistem regulasi? Bagaimana jika sistem regulasi mengalami gangguan? Dengan mempelajari sistem regulasi, Anda akan mengetahui cara kerja seluruh tubuh Anda yang begitu kompleks. Anda akan menyadari bahwa tubuh kita yang begitu kompleks ini merupakan anugerah Tuhan Yang Maha Esa. Selamat belajar.

- A. Sistem Saraf
- B. Sistem Endokrin
- C. Sistem Indra

Tes Kompetensi Awal

1. Menurut Anda, apakah fungsi otak?
2. Berapakah alat indra yang Anda miliki? Sebutkan.

A. Sistem Saraf

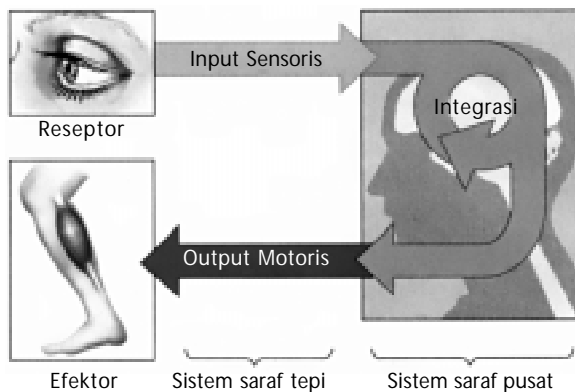
Mungkin secara tidak sengaja Anda pernah menginjak suatu benda tajam. Apa yang akan terjadi? Secara cepat, Anda akan menarik kaki Anda ke atas. Proses tersebut dinamakan gerak refleks. Gerak refleks merupakan salah satu mekanisme dalam sistem saraf.

Peristiwa ketika kaki Anda menginjak benda tajam merupakan contoh penyampaian informasi dari lingkungan menuju tubuh. Contoh lainnya adalah ketika Anda sedang berjalan, kemudian ada suara yang memanggil, Anda akan menoleh dan mencari sumber datangnya suara. Informasi dari lingkungan, misalnya suara, akan diterima oleh reseptor tubuh atau indra dan akan diolah untuk menghasilkan suatu gerakan atau aktivitas. Hal itu merupakan gambaran dari mekanisme kerja sistem saraf.

Sistem saraf memiliki tiga fungsi yang saling berhubungan, yaitu input sensoris, integrasi, dan output motoris. Input sensoris merupakan penghantar impuls atau sinyal dari reseptor, misalnya mata. Integrasi merupakan proses pengolahan impuls atau sinyal untuk menghasilkan respons. Adapun output motoris adalah penghantar impuls dari pusat pengolahan (otak) ke sel-sel efektor, misalnya sel-sel otot yang akan menghasilkan respons tubuh. Perhatikan Gambar 8.1.

Kata Kunci

- Akson
- Dendrit
- Impuls
- Neuron motoris
- Neuron sensoris
- Sel saraf
- Selubung mielin
- Sinapsis



Gambar 8.1
Organisasi sistem saraf

Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

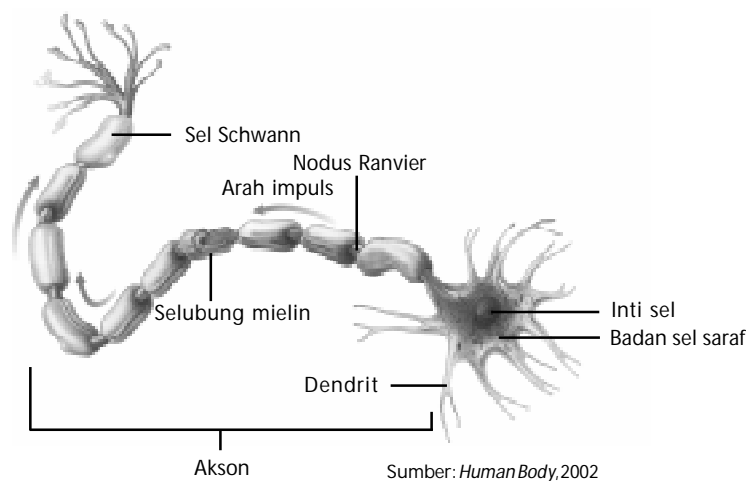
Proses penyampaian informasi, memerlukan suatu media, yaitu sel saraf (neuron). Informasi yang disampaikan berupa impuls saraf. Bagaimana mekanisme kerja sel saraf dalam menghantarkan impuls saraf? Simaklah penjelasan berikut.

1. Sel Saraf (Neuron)

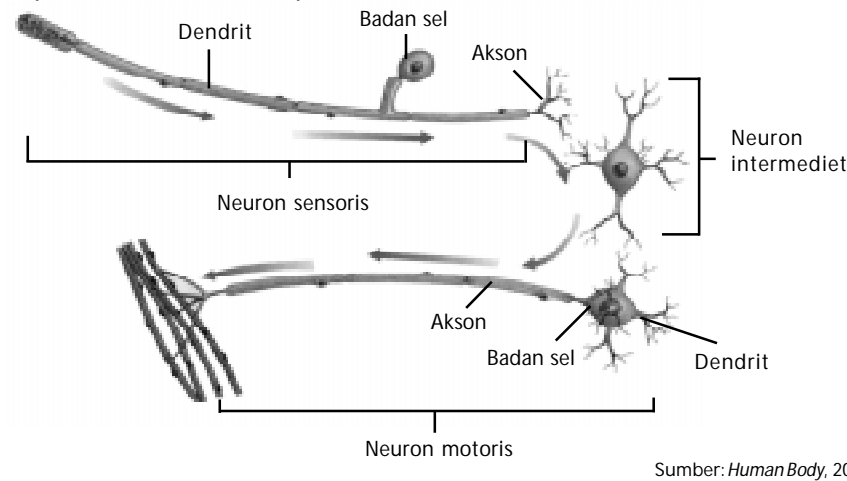
Neuron berfungsi menghantarkan impuls atau sinyal dari reseptor ke pusat saraf dan meneruskannya ke efektor. Neuron tersusun atas badan sel saraf, dendrit, dan akson (neurit). Badan sel saraf mengandung inti sel (nukleus) dan sitoplasma (neuroplasma). Dendrit merupakan serabut saraf yang bercabang-cabang. Dendrit berfungsi menghantarkan impuls (rangsang) dari ujung akson neuron lain menuju

badan sel saraf. Akson merupakan serabut saraf yang panjang, namun tidak bercabang. Akson berfungsi menghantarkan impuls dari badan sel saraf menuju neuron lain.

Akson merupakan serabut saraf yang memiliki selaput. Pada akson terdapat selubung mielin yang terdiri atas sel-sel Schwann. Selubung mielin berfungsi meningkatkan kecepatan pengiriman impuls. Di antara selubung mielin terdapat bagian akson yang tidak memiliki selubung yang disebut nodus Ranvier. Sama seperti selubung mielin, nodus Ranvier berfungsi mempercepat jalannya impuls. Perhatikan Gambar 8.2.



Berdasarkan struktur dan fungsinya, neuron dapat dibagi menjadi tiga, yaitu neuron sensoris, neuron intermediet (asosiasi) dan neuron motoris (Gambar 8.3). Neuron sensoris memiliki akson yang pendek dan dendrit yang panjang. Neuron sensoris berfungsi membawa impuls menuju sistem saraf pusat. Neuron intermediet berfungsi menghubungkan neuron sensoris dengan neuron motoris. Neuron motoris memiliki dendrit yang pendek dan akson yang panjang. Adapun fungsinya yaitu membawa impuls dari sistem saraf pusat ke efektor.



2. Proses Penghantaran Impuls

Agar impuls dapat disampaikan ke pusat sistem saraf dan efektor, sel-sel saraf akan saling berhubungan melalui sinapsis. Arah perambatan impuls pada sinapsis hanya terjadi dalam satu arah. Sinapsis dapat terjadi antarneuron, antara neuron dan sel otot (neuromuscular), serta antara neuron dan kelenjar (neuroglandular).



Fakta Biologi

Pada anak-anak di bawah umur enam tahun, tumbuh 20.000 sel saraf dalam satu menit.

Sumber: *The Super Science of Our Bodies*, 1993

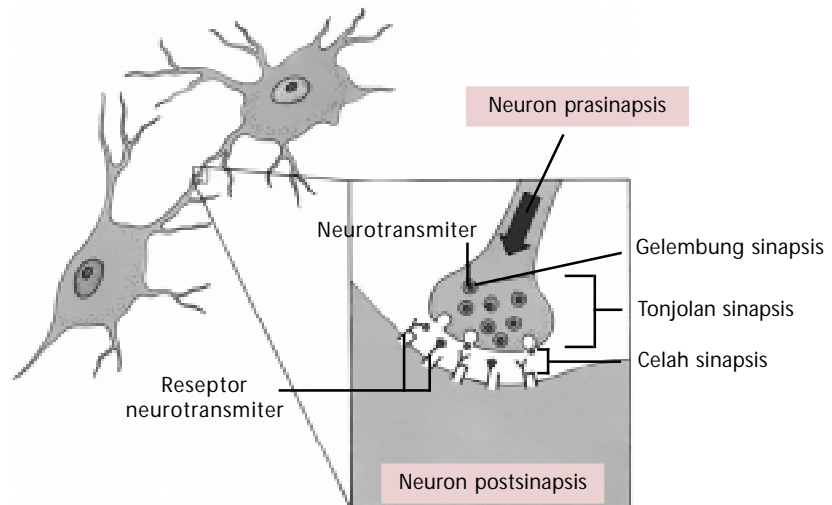
Gambar 8.2
Struktur neuron

Gambar 8.3
Berdasarkan struktur dan fungsinya, neuron dibagi menjadi neuron sensoris, neuron intermediet, dan neuron motoris.

Kata Kunci

- Neurotransmitter
- Sinapsis

Mekanisme penghantaran impuls melalui sinapsis sangat khas. Di antara hubungan antarneuron terdapat sebuah celah sempit yang disebut celah sinapsis. Melalui celah sinapsis inilah impuls dihantarkan dari satu neuron ke neuron lainnya melalui sebuah perantara yang disebut neurotransmitter, perhatikan Gambar 8.4. Neurotransmitter merupakan sinyal dalam bentuk cairan senyawa kimia. Beberapa contoh neurotransmitter antara lain asetilkolin, serotonin, noradrenalin, dopamin, dan asam aspartat.

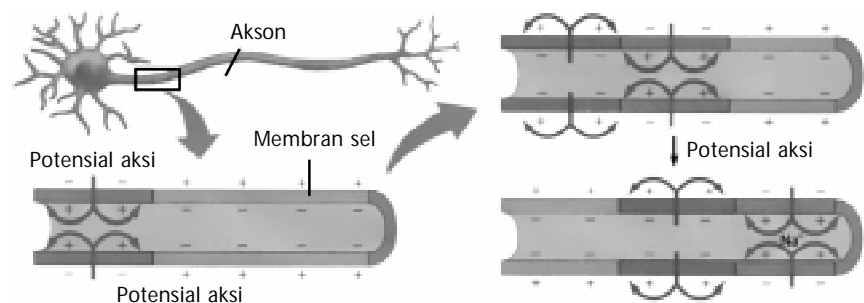


Gambar 8.4
Struktur sinapsis

Sumber: *Biology: Discovering Life*, 1991

Ujung sinapsis membentuk tonjolan yang disebut tonjolan sinapsis (synaptic bulb). Neuron yang merupakan tempat datangnya impuls disebut neuron prasinapsis. Adapun neuron atau sel lain yang menerima impuls disebut neuron postsinapsis.

Seperti halnya sel-sel lain, neuron memiliki membran sel yang selektif permeabel. Masih ingatkah Anda yang dimaksud dengan selektif permeabel? Sifat membran yang selektif permeabel ini mengakibatkan perbedaan konsentrasi ion di dalam membran dan di luar membran. Pada saat tidak ada rangsangan (neuron istirahat), terdapat lebih banyak ion bermuatan positif di luar membran sel. Adapun di dalam membran sel memiliki banyak ion bermuatan negatif. Keadaan ketika neuron beristirahat tersebut dinamakan potensial istirahat (polarisasi).



Gambar 8.5
Polaritas membran pada sel saraf

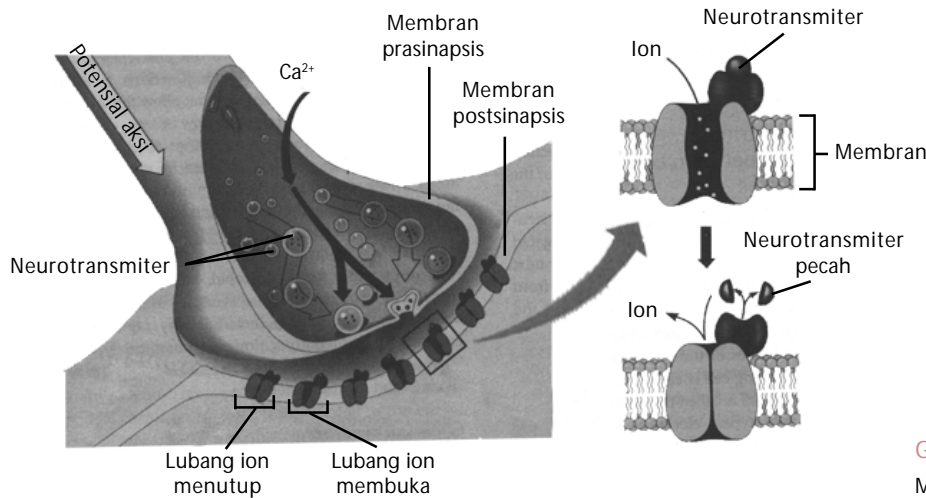
Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Apabila neuron menerima rangsangan, permeabilitas membran akan berubah. Beberapa ion positif akan masuk ke dalam sel. Akibatnya, polaritas membran akan berubah sehingga lebih banyak ion positif di

dalam sel dan banyak ion negatif di luar sel. Peristiwa tersebut merupakan awal terjadinya perjalanan impuls (rangsang) sepanjang neuron. Perubahan polaritas pada membran sel disebut juga potensial aksi. Apabila impuls telah lewat, membran sel neuron akan kembali ke keadaan semula (Gambar 8.5)

Kata Kunci

- Polarisasi
- Potensial aksi
- Sistem saraf pusat
- Sistem saraf tepi



Sumber: *Biology*, 1998

Gambar 8.6

Mekanisme pelepasan neurotransmitter oleh sinapsis.

Bagaimanakah proses pelepasan neurotransmitter oleh tonjolan sinapsis? Ketika potensial aksi datang di ujung sinapsis (tonjolan sinapsis), potensial aksi tersebut akan memicu gelembung sinapsis yang berisi neurotransmitter untuk menempel pada membran sel. Pada saat gelembung sinapsis bersatu dengan membran, neurotransmitter akan dilepaskan ke celah sinapsis. Proses pelepasan neurotransmitter dilakukan dengan proses eksositosis. Perhatikan Gambar 8.6.

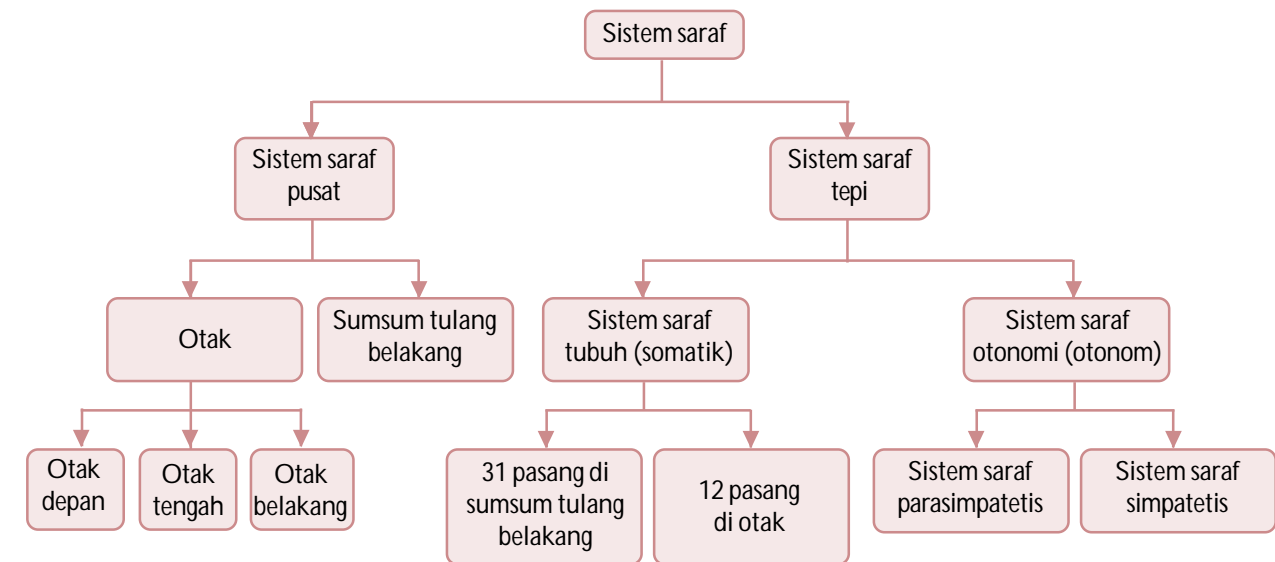
Neurotransmitter yang dilepaskan oleh sinapsis, akan melekat pada molekul reseptor yang berada pada membran sel target. Pelekatan neurotransmitter pada reseptor akan membuka lubang ion pada membran sel target. Akibatnya, ion-ion akan masuk ke sel target dan memicu untuk terjadinya potensial aksi yang selanjutnya.

Neurotransmitter yang melekat pada reseptor akan dipecah oleh enzim atau akan dikembalikan ke sel pengirimnya. Pelepasan neurotransmitter menyebabkan lubang ion menutup.

3. Susunan Sistem Saraf

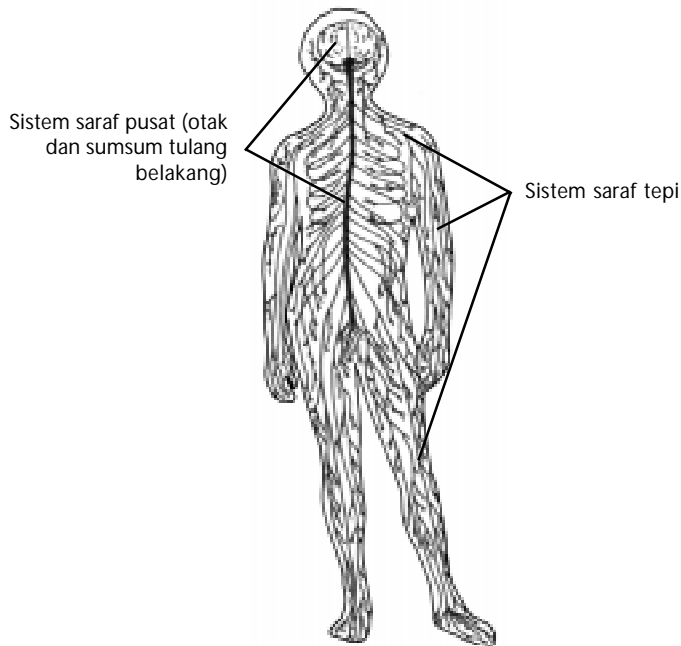
Ketika Anda belajar, Anda menggunakan otak untuk menghafal materi pelajaran. Ketika bermain gitar, Anda menggunakan otak untuk mengingat sebuah lagu. Otak merupakan tempat pengolahan seluruh informasi yang diperoleh dari lingkungan. Otak merupakan salah satu penyusun sistem saraf pada tubuh manusia.

Pada manusia, sistem saraf dikelompokkan menjadi dua, yaitu sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Apa sajakah penyusun sistem saraf tepi? Apakah perbedaan antara kedua sistem saraf tersebut? Sebelumnya, perhatikanlah bagan susunan sistem saraf pada manusia berikut ini.



Kata Kunci

- Sistem saraf pusat
- Sistem saraf tepi



Gambar 8.7

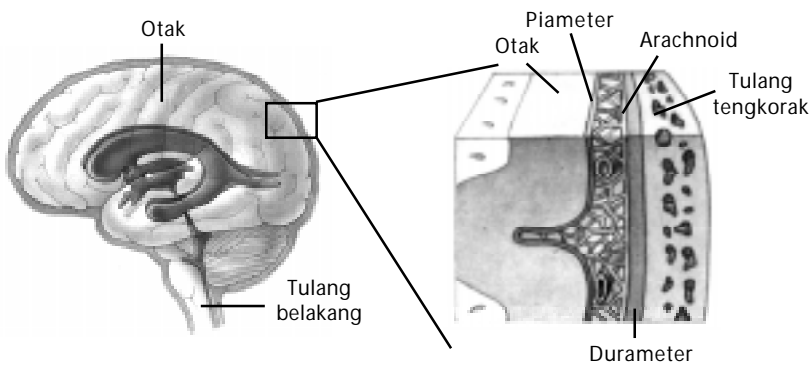
Sistem saraf dikelompokkan menjadi dua, yaitu sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

Sumber: Heath Biology, 1985

a. Sistem Saraf Pusat

Sistem saraf pusat tersusun atas otak dan sumsum tulang belakang. Otak dan sumsum tulang belakang sama-sama dilindungi oleh suatu membran yang melindungi keduanya. Membran pelindung tersebut dinamakan meninges.

Meninges dari dalam keluar terdiri atas tiga bagian, yaitu piameter, arachnoid, dan durameter. Piameter merupakan lapisan membran yang paling dalam. Lapisan ini berhubungan langsung dengan otak atau sumsum tulang belakang. Pada piameter banyak terkandung pembuluh darah. Arachnoid merupakan lapisan yang berada di antara piameter dan durameter. Adapun durameter adalah lapisan membran yang paling luar. Durameter berhubungan langsung dengan tulang. Pada daerah di antara piameter dan arachnoid, terdapat rongga yang berisi cairan serebrospinal. Cairan ini berfungsi melindungi otak atau sumsum tulang belakang dari guncangan dan benturan.



Sumber: *Biology: The Unity and Diversity of Life*, 1995; *Human Body*, 2002

Gambar 8.8

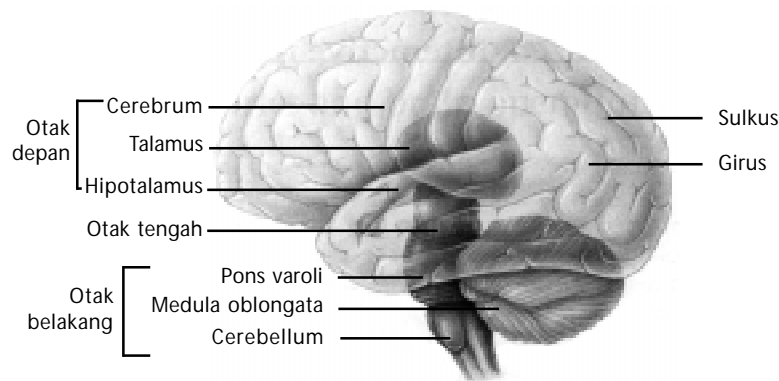
Struktur meninges pada otak

1) Otak

Sistem saraf pada manusia seluruhnya dikendalikan oleh otak. Pada orang dewasa, otak memiliki berat sekitar 2% dari total berat badannya. Otak memiliki sekitar 12 miliar neuron.

Otak memiliki permukaan yang tidak rata akibat adanya lekukan-lekukan. Terdapat dua macam lekukan pada otak, yaitu sulkus dan girus. Sulkus merupakan lekukan otak yang mengarah ke dalam (lembah). Adapun girus adalah lekukan otak yang mengarah ke atas (gunungan).

Otak manusia terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu otak depan, otak tengah, dan otak belakang (Gambar 8.9). Bagaimana struktur dari ketiga bagian otak tersebut? Bagaimana pula masing-masing fungsinya?



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Kata Kunci

- Cerebrum
- Hipotalamus
- Otak
- Talamus

Gambar 8.9

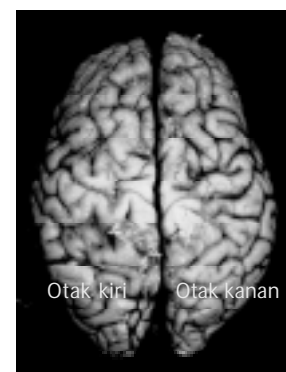
Otak-manusia terbagi menjadi tiga bagian, yaitu otak depan, otak tengah, dan otak belakang.

a) Otak depan

Perkembangan otak pada masa embrio menghasilkan perkembangan otak depan yang membentuk cerebrum (otak besar). Cerebrum merupakan bagian terbesar dari otak. Selain itu, pada otak depan terdapat talamus dan hipotalamus.

Cerebrum dibagi menjadi dua bagian (hemisfer), yaitu otak kanan dan otak kiri. Keduanya memiliki fungsi yang berbeda. Otak kanan dan otak kiri terhubung oleh corpus callosum, yaitu jaringan saraf penghubung. Otak kanan mengatur kerja organ tubuh sebelah kiri, dan sebaliknya, otak kiri mengatur kerja organ tubuh sebelah kanan. Selain itu, otak kanan berpengaruh terhadap kemampuan kreativitas dan seni seseorang. Adapun otak kiri berpengaruh terhadap kemampuan analisis, logika, dan komunikasi.

Bagian-bagian dari cerebrum memiliki fungsi yang berbeda-beda terhadap informasi yang masuk. Bagian-bagian tersebut adalah lobus frontalis, lobus parietalis, lobus temporalis, dan lobus oksipitalis. Lobus

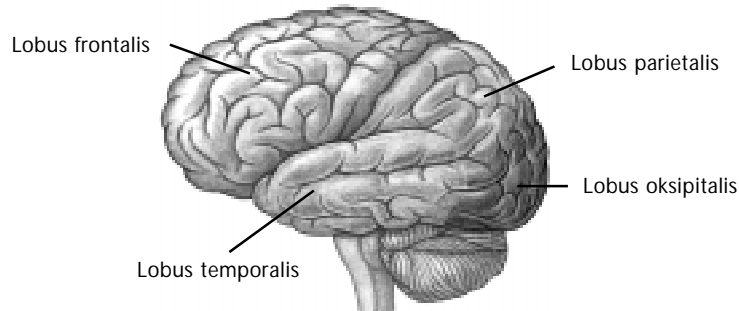


Sumber: *Biology: The Unity and Diversity of Life*, 1995

Gambar 8.10

Otak-manusia terbagi menjadi dua belahan, yaitu otak kanan dan otak kiri

frontalis berperan dalam ingatan, emosi, berbicara, dan gerakan yang terlatih. Lobus parietalis berperan dalam pengaturan impuls dari kulit (sentuhan dan tekanan), serta pengenalan posisi tubuh. Lobus temporalis berperan dalam pengenalan suara dan memori. Adapun lobus oksipitalis berperan dalam mendeteksi dan mengolah cahaya dari penglihatan. Perhatikan Gambar 8.11.



Gambar 8.11

Di cerebrum terdapat empat bagian yang memiliki fungsi berbeda-beda.

Sumber: *Biology: The Unity and Diversity of Life*, 1995

Pada otak depan terdapat pula talamus dan hipotalamus. Talamus adalah bagian yang berperan sebagai pusat pengolahan (interpretasi) impuls sebelum disampaikan ke bagian lain di otak. Beberapa impuls yang dapat diolah oleh talamus, antara lain rasa sakit, sentuhan, tekanan, dan cahaya.

Hipotalamus berfungsi mengatur suhu tubuh, tekanan darah, rasa lapar, haus, kontraksi otot, dan ritme tidur. Selain itu, hipotalamus merupakan tempat pengaturan kelenjar hipofisis yang menghasilkan hormon.

Kata Kunci

- Cerebellum
- Medula oblongata
- Pons varoli
- Sumsum lanjutan

b) Otak tengah

Otak tengah terletak di permukaan bawah otak besar (cerebrum). Pada otak tengah terdapat lobus opticus yang berfungsi sebagai pengatur gerak bola mata. Otak tengah mengandung sekelompok sel-sel saraf yang berfungsi mengatur gerak tubuh, kedudukan tubuh, dan kesadaran.

c) Otak belakang

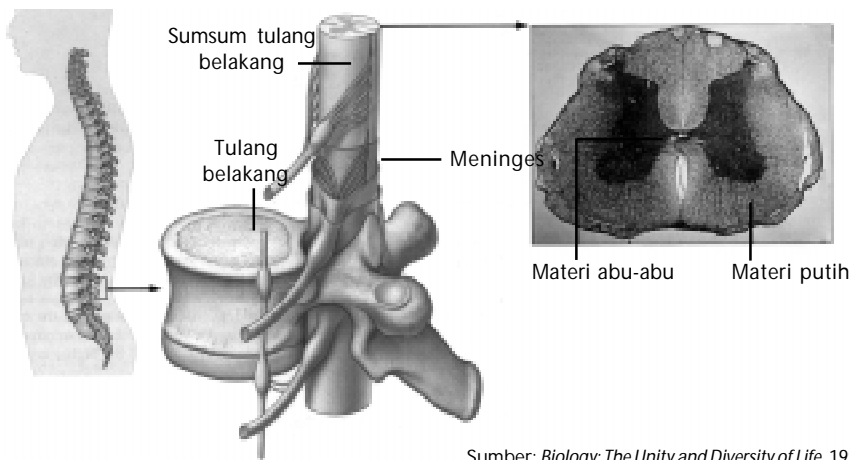
Otak belakang terbagi menjadi tiga bagian, yaitu otak kecil (cerebellum), pons varoli, dan medula oblongata. Ketiga bagian ini berperan mengontrol aliran impuls saraf antara otak dan bagian tubuh lainnya.

Otak kecil berperan dalam keseimbangan tubuh dan koordinasi gerakan otot. Pons varoli berperan menghantarkan impuls otot tubuh bagian kiri dan kanan. Selain itu, pons varoli merupakan penghubung antara otak besar dan otak kecil. Adapun medula oblongata berfungsi menghubungkan antara otak dengan sumsum tulang belakang. Batas antara medula oblongata dan sumsum tulang belakang tidak jelas sehingga medula oblongata sering disebut sumsum lanjutan.

Medula oblongata berperan pula dalam mengatur pernapasan, denyut jantung, pelebaran dan penyempitan pembuluh darah, gerak menelan, dan batuk. Otak tengah bersama pons varoli dan medula oblongata membentuk unit fungsional yang disebut batang otak (brain stem).

2) Sumsum tulang belakang

Sumsum tulang belakang merupakan penghubung antara sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sumsum tulang belakang berfungsi menghantarkan impuls menuju otak dan berperan dalam proses gerak refleks.



Sumber: *Biology: The Unity and Diversity of Life*, 1995

Gambar 8.12
Struktur sumsum tulang belakang

Dari Gambar 8.12 terlihat bahwa pada bagian tengah sumsum tulang belakang terdapat materi abu-abu (grey matter) dan materi putih (white matter). Pada bagian substansi abu-abu terdapat akar ventral dan akar dorsal. Akar ventral tersusun atas badan neuron motoris yang akarnya menuju efektor. Adapun akar dorsal tersusun atas neuron sensoris yang akarnya menuju reseptor.

b. Sistem Saraf Tepi

Berdasarkan fungsinya, sistem saraf tepi dibagi menjadi dua, yaitu sistem saraf aferen (sistem saraf sensoris) dan sistem saraf eferen (sistem saraf motoris). Sistem saraf aferen tersusun atas neuron yang membawa impuls dari reseptor menuju sistem saraf pusat. Adapun sistem saraf eferen tersusun atas neuron yang membawa impuls dari sistem saraf pusat menuju efektor.

Sistem saraf tepi mengandung 12 pasang saraf kranial dan 31 pasang saraf spinal. Saraf kranial berasal dari otak dan berhubungan dengan organ-organ di kepala dan anggota tubuh bagian atas. Adapun saraf spinal berasal dari sumsum tulang belakang dan berhubungan dengan seluruh tubuh. Perhatikan Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Dua Belas Pasang Saraf Kranial di Otak

No.	Nama saraf	Fungsi
1	Olfaktori	Penciuman
2	Optik	Penglihatan
3	Okulomotor	Pergerakan otot bola mata dan kelopak mata
4	Troklear	Pergerakan otot bola mata
5	Trigeminal	Sensoris: sensasi di wajah dan mulut; Motoris: mengunyah
6	Abdusena	Pergerakan bola mata
7	Fasial	Sensoris: rasa (kecap), motorik: pergerakan di wajah dan kelenjar pencernaan
8	Auditori	Pendengaran dan keseimbangan tubuh
9	Glosfaring	Sensoris: rasa (kecap), motorik: menelan
10	Vagus	Pengontrol otot dan kelenjar di organ-organ dalam
11	Aksesoris	Menelan dan pergerakan leher
12	Hipoglosal	Pergerakan lidah

Sumber: *Human Body*, 2002

Kata Kunci

- Sistem saraf aferen
- Sistem saraf eferen



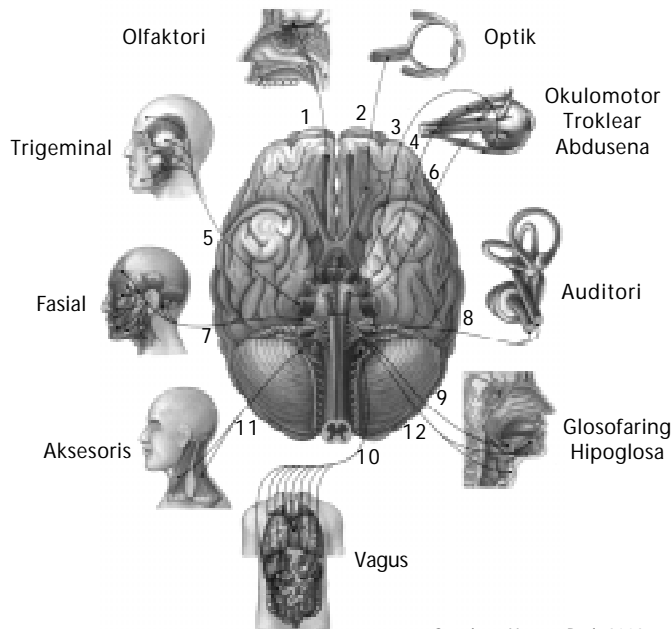
Sekilas Biologi

Penelitian terhadap lebih dari 1.000 orang dewasa Jepang berusia 70-an menghasilkan teori bahwa semakin sering seseorang minum teh hijau, makin kecil kemungkinan mereka mengalami kemunduran mental atau pikun. Temuan yang didasarkan pada percobaan di laboratorium itu menunjukkan bahwa beberapa senyawa dalam teh hijau bisa melindungi sel-sel otak dari kerusakan, yang bila parah akan mengakibatkan penyakit Alzheimer dan Parkinson.

Sumber: www.kompas.co.id,
18 Februari 2006

Logika Biologi

Ketika Anda bermain bola basket, sistem saraf apa sajakah yang bekerja? Jelaskan.



Gambar 8.13
Dua belas saraf kranial

Sumber: *Human Body*, 2002

Sistem saraf eferen dibedakan menjadi dua, yaitu sistem saraf somatis dan sistem saraf otonom. Sistem saraf somatis membawa impuls menuju otot rangka sebagai respons dari rangsang yang berasal dari luar. Sistem saraf somatis bekerja secara sadar. Adapun sistem saraf otonom membawa impuls untuk mengatur kerja otot polos, otot jantung, sistem peredaran darah, sistem ekskresi, dan sistem endoksin. Saraf otonom bekerja secara tidak sadar.

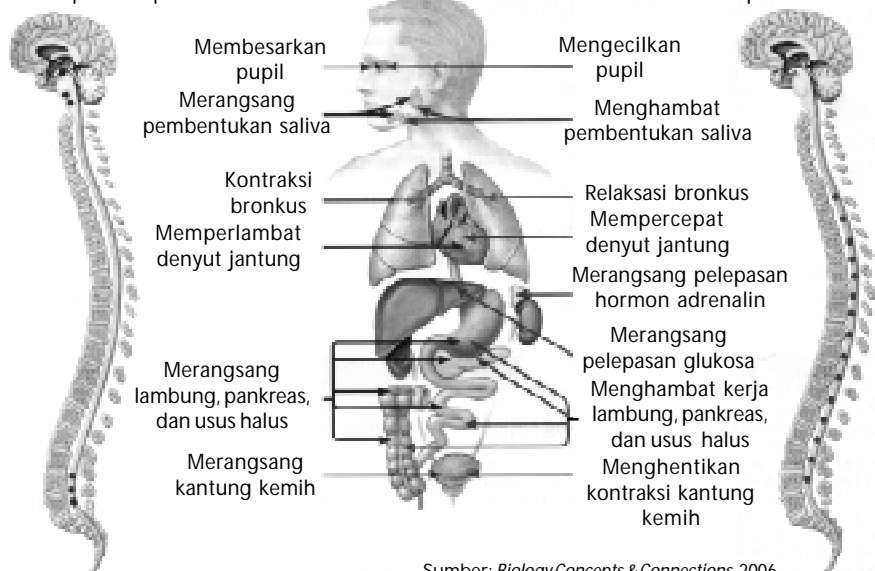
Sistem saraf otonom dibedakan menjadi dua, yaitu saraf simpatetis dan saraf parasimpatetis (Gambar 8.14). Ketika saraf tersebut bekerja pada organ yang sama, keduanya bekerja secara berlawanan (antagonistik). Secara umum, saraf parasimpatetis membawa impuls yang berhubungan dengan pembentukan energi, misalnya pencernaan. Sebaliknya, saraf simpatetis akan membawa impuls yang berhubungan dengan penggunaan energi atau peningkatan laju metabolisme.

Kata Kunci

- Sistem saraf otonom
- Sistem saraf parasimpatetis
- Sistem saraf simpatetis
- Sistem saraf somatis

Saraf parasimpatetis

Saraf simpatetis



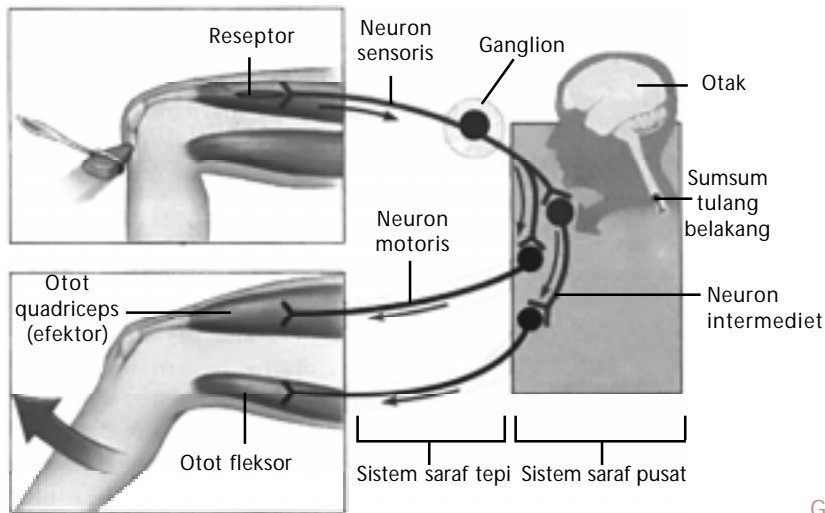
Gambar 8.14

Saraf otonom dibagi menjadi dua, yaitu saraf parasimpatetis dan saraf simpatetis.

Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

4. Gerak Refleks

Sebelumnya telah diterangkan bahwa apabila kaki Anda menginjak benda tajam, maka Anda akan segera mengangkat kaki Anda. Peristiwa tersebut merupakan gerak refleks. Bagaimanakah mekanisme gerak refleks?



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Gambar 8.15

Mekanisme gerak refleks

Gerak refleks merupakan respons neuron motoris, neuron sensoris, neuron intermediet efektor, dan organ-organ sensoris secara bersamaan. Respons tersebut berlangsung secara cepat. Perhatikan Gambar 8.15 Ketika lutut dipukul, reseptor akan mendeteksi adanya perubahan pada tendon. Kemudian, neuron sensoris akan meneruskan informasi tersebut ke sistem saraf pusat (sumsum tulang belakang) dan neuron intermediet (interneuron). Dari sumsum tulang belakang, impuls akan diteruskan melalui neuron motoris ke efektor berupa satu sel otot (quadriceps). Respons quadriceps akan membuat kaki terangkat. Pada saat yang bersamaan, neuron motoris lainnya merespons impuls dari interneuron. Akibatnya, otot paha bawah (otot fleksi) akan terhambat sehingga relaksasi dan tidak menahan gerak dari otot paha atas (quadriceps).



Aktivitas Biologi 8.1

Gerak Refleks

Tujuan

Mempelajari gerak refleks pada kaki

Alat dan Bahan

1. Palu kejut
2. Kayu
3. Alat tulis

Langkah Kerja

1. Suruhlah teman Anda untuk duduk di atas meja dan biarkan salah satu kakinya bebas menggantung.
2. Pukullah secara perlahan ligamentum patelanya di bawah tempurung lutut dengan palu kayu atau pemukul lainnya. Di manakah letak patelanya?
3. Amatilah gerakan kaki teman Anda setelah lututnya dipukul.

Pertanyaan

1. Apakah gerakan yang ditunjukkan merupakan gerak refleks? Mengapa demikian?
2. Buatlah jalur refleksnya jika gerakan yang Anda amati adalah gerak refleks.

5. Gangguan dan Penyakit pada Sistem Saraf Manusia

Sistem saraf pada manusia dapat pula mengalami gangguan dan penyakit. Salah satu penyakit yang paling sering diderita adalah sakit kepala. Penyakit ini disebabkan oleh beberapa faktor contohnya adalah stres. Apakah terdapat gangguan dan penyakit lain pada sistem saraf manusia?

a. Penyakit Parkinson

Parkinson disebabkan oleh berkurangnya neurotransmitter dopamin. Penyakit ini ditandai dengan tangan gemetar, sulit bergerak, dan kekakuan otot. Penyakit ini biasanya menyerang orang-orang yang berusia 40 tahun ke atas.

b. Stroke

Penyakit ini disebut juga penyakit kematian pada sel-sel otak. Stroke dapat disebabkan oleh terganggunya aliran darah. Tekanan darah tinggi merupakan faktor yang paling sering menyebabkan stroke. Stroke dapat menyebabkan reaksi motoris terganggu sehingga muncul kelumpuhan sebagian anggota tubuh.

c. Epilepsi

Epilepsi merupakan suatu penyakit akibat dilepaskannya letusan-letusan listrik (impuls) pada neuron-neuron di otak. Gejala penderita penyakit ini yaitu kejang-kejang, kehilangan kesadaran, dan gangguan mental. Penyakit ini dapat disebabkan oleh gangguan metabolisme atau adanya bekas luka pada otak sewaktu kelahiran, infeksi, dan tumor.

d. Poliomyelitis

Poliomyelitis adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi virus pada neuron-neuron motoris sistem saraf pusat. Penderita penyakit ini memiliki gejala-gejala seperti sakit kepala, panas, sakit otot, dan kelumpuhan.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan mekanisme penghantaran impuls.
2. Tuliskan bagian-bagian otak.
3. Apakah perbedaan sumsum lanjutan dan sumsum tulang belakang?
4. Apakah fungsi sistem saraf otonom?

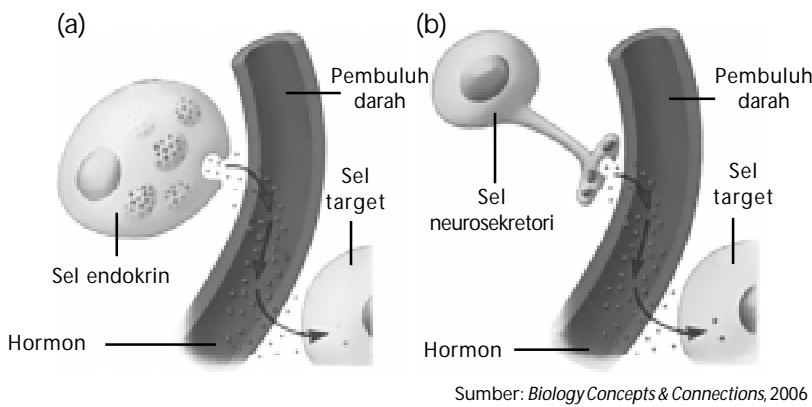
B. Sistem Endokrin

Selain sistem saraf, tubuh manusia memiliki sistem lain yang berfungsi mengontrol dan mengatur aktivitas organ-organ tubuh. Sistem lain tersebut adalah sistem endokrin. Cara kerja sistem endokrin berbeda dengan sistem saraf. Pada sistem saraf, informasi yang disampaikan berupa sinyal-sinyal listrik untuk membuat sel-sel merespons. Adapun pada sistem endokrin, informasi yang disampaikan berupa senyawa kimia. Sistem endokrin bekerja dengan cara menghasilkan hormon. Hormon adalah sinyal berupa senyawa kimia yang disekresikan ke dalam peredaran darah.

Hormon dihasilkan oleh suatu kelenjar yang disebut kelenjar endokrin. Akan tetapi, terdapat suatu sel khusus yang menghasilkan hormon sekaligus menyampaikan impuls saraf. Sel khusus tersebut dinamakan sel neurosekretori. Perhatikan Gambar 8.16.

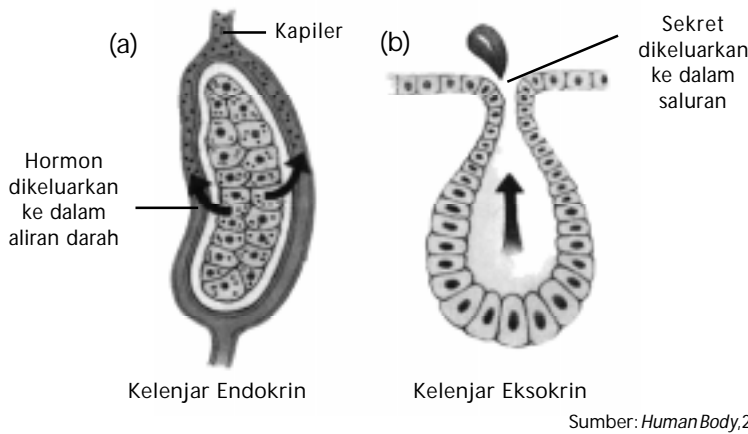
Kata Kunci

- Kelenjar endokrin
- Sel neurosekretori



Gambar 8.16
(a) Sel endokrin dan (b) sel neurosekretori

Selain kelenjar endokrin, terdapat kelenjar lain yang berfungsi menyekresikan senyawa kimia. Kelenjar tersebut adalah kelenjar eksokrin (Gambar 8.17). Kelenjar eksokrin menyekresikan senyawa kimia yang akan dikeluarkan melalui suatu saluran menuju rongga tubuh atau kulit. Contoh kelenjar eksokrin yaitu kelenjar keringat.



Gambar 8.17
Perbedaan antara (a) kelenjar endokrin dan (b) kelenjar eksokrin, terletak pada jalur sekret yang dikeluarkan.

Sistem endokrin memiliki beberapa fungsi bagi tubuh. Fungsi tersebut antara lain berperan dalam homeostatis, reproduksi, dan perkembangan. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Tabel 8.2 berikut.

Tabel 8.2 Fungsi Sistem Endokrin

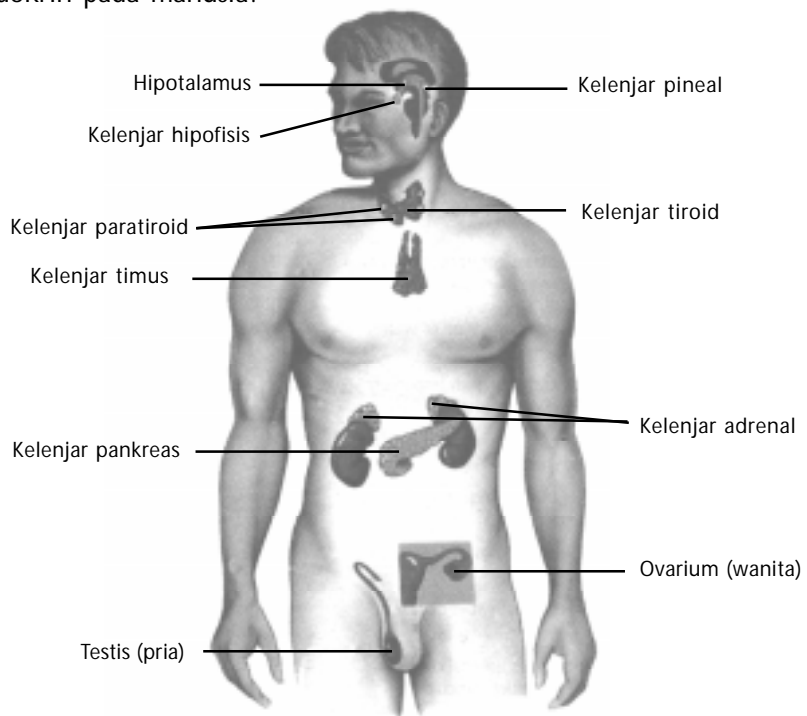
Fungsi	Keterangan
Homeostatis	Merangsang atau menghambat proses kimia di dalam sel agar tubuh berada pada keadaan seimbang.
Reproduksi	Mengawali dan mempertahankan produksi sel-sel kelamin, mengontrol pelepasan sel telur, menjaga kehamilan, produksi susu, dan berperan dalam kelahiran.
Perkembangan	Mengawali dan mengatur perubahan fisik tubuh dan perkembangan seksual.

Sumber: Human Body, 2002

Terdapat perbedaan kecepatan penyampaian pesan pada sistem saraf dan sistem endokrin. Pada sistem saraf, impuls yang diterima akan direspon dalam waktu yang cepat. Adapun pada sistem endokrin, sinyal berupa hormon akan direspon dalam waktu yang lambat. Hal tersebut dikarenakan media atau jalur perambatan rangsang yang berbeda antara sistem saraf dan sistem endokrin.

1. Macam-Macam Kelenjar Endokrin

Pada tubuh manusia, terdapat beberapa kelenjar endokrin yang berbeda-beda (Gambar 8.18). Kelenjar-kelenjar tersebut memiliki letak, struktur, fungsi dan hormon yang berbeda-beda. Apa sajakah kelenjar endokrin pada manusia?



Gambar 8.18
Kelenjar endokrin pada tubuh manusia

Sumber: *Biology*,1998

Kata Kunci

- Hipotalamus
- Kelenjar hipofisis

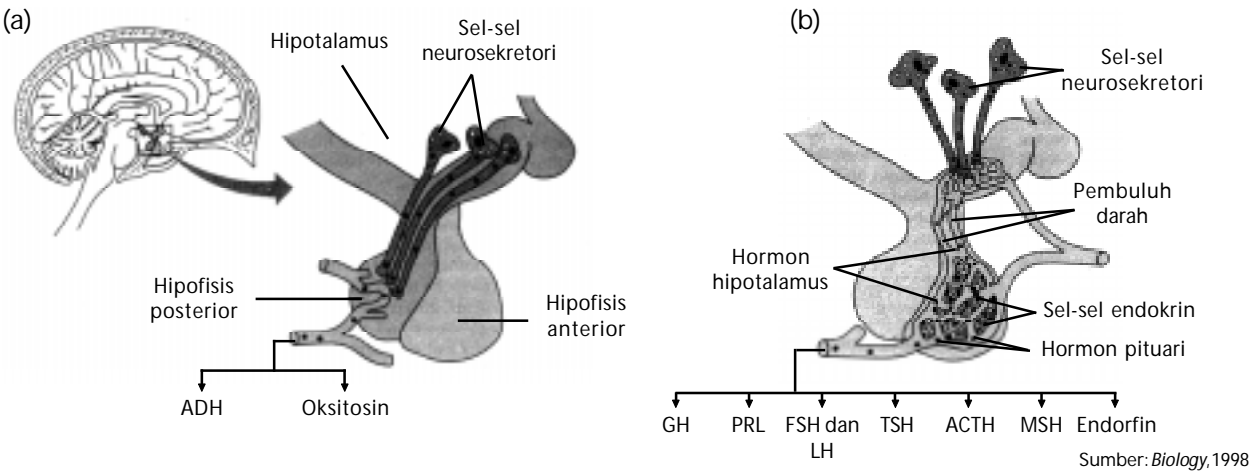
a. Hipotalamus

Hipotalamus berperan dalam mengatur pertumbuhan dan perkembangan manusia. Hipotalamus terletak di bawah otak besar (cerebrum). Hipotalamus bekerja dengan cara mengeluarkan hormon yang mengontrol kerja kelenjar hipofisis (pituitari). Selain dengan hormon, hipotalamus bekerja sama melalui impuls saraf karena hipotalamus tersusun atas sel-sel neurosekretori.

Hipotalamus mengeluarkan releasing hormone dan inhibiting hormone. Releasing hormone berfungsi merangsang kelenjar hipofisis menyekresikan hormon tertentu. Adapun inhibiting hormone berfungsi menekan atau menghambat kelenjar hipofisis menyekresikan hormon tertentu.

b. Kelenjar Hipofisis (Pituitari)

Kelenjar hipofisis disebut juga “master of gland” karena menyekresikan hormon yang akan memengaruhi kerja hormon lain. Kelenjar hipofisis terletak di bawah hipotalamus. Kelenjar hipofisis terdiri atas hipofisis posterior dan hipofisis anterior (Gambar 8.19).



Hipofisis anterior menghasilkan beberapa hormon seperti growth hormone (GH), prolaktin (PRL), follicle stimulating hormone (FSH), luteinizing hormone (LH), thyroid stimulating hormone (TSH), adrencarticotropic hormone (ACTH), melanocyte stimulating hormone (MSH), dan endorfin. Untuk mengetahui fungsi dari hormon-hormon tersebut, perhatikanlah tabel berikut ini.

Gambar 8.19
Hormon-hormon yang dihasilkan oleh (a) hipofisis posterior dan (b) hipofisis anterior

Tabel 8.3 Beberapa Kelenjar Endokrin dan Hormon yang Dihasilkannya

Kelenjar	Hormon	Fungsi
Hipofisis anterior	Growth Hormone (GH)	Merangsang pertumbuhan dan perkembangan (khususnya tulang) dan berperan dalam metabolisme.
	Prolaktin (PRL)	Merangsang produksi air susu
	Follicle Stimulating Hormone (FSH)	Merangsang produksi sel telur dan sel sperma
	Luteinizing Hormone (LH)	Merangsang testis untuk memproduksi hormon testosteron dan merangsang pembentukan korpus luteum
	Thyroid Stimulating Hormone (TSH)	Merangsang kelenjar tiroid untuk menghasilkan hormon tiroksin
	Adrenocorticotropic Hormone (ACTH)	Merangsang korteks kelenjar adrenal untuk menghasilkan hormon glukokortikoid
	Melanocyte Stimulating Hormone (MSH)	Mengatur proses perubahan warna kulit (hewan bunglon)
	Endorfin	Penghilang rasa sakit (reseptor rasa sakit)
Hipofisis posterior	Oksitosin	Merangsang kontraksi uterus dan sel-sel kelenjar susu
	Antidiuretic Hormone (ADH)	Menaikkan penyimpanan air oleh ginjal
Tiroid	Tiroksin	Merangsang dan mengatur proses metabolisme
	Kalsitonin	Menurunkan kadar kalsium dalam darah
Paratiroid	Parathyroid Hormone (PTH)	Menaikkan kadar kalsium dalam darah
Pankreas	Insulin	Menurunkan kadar glukosa dalam darah
	Glukagon	Menaikkan kadar glukosa dalam darah
Adrenal medula	Epinefrin dan norepinefrin	Menaikkan kadar glukosa darah dan meningkatkan aktivitas metabolisme
Adrenal korteks	Glukokortikoid	Menaikkan kadar glukosa darah
	Mineralokortikoid	Meningkatkan reabsorpsi Na ⁺ dan ekskresi K ⁺ di dalam ginjal

Testis	Androgen	Membantu proses pembentukan sperma; mengembangkan dan mengatur karakteristik kelamin sekunder pria.
Ovarium	Estrogen	Merangsang pertumbuhan uterus, mengembangkan dan mengatur karakteristik kelamin sekunder wanita
	Progesteron	Merangsang perkembangan uterus
Pineal	Melatonin	Berperan dalam ritme biologis (ritme tidur)
Timus	Timosin	Merangsang limfosit T (kekebalan tubuh)

Sumber: *Biology*, 1998

Kata Kunci

- Kelenjar adrenal
- Kelenjar pankreas
- Kelenjar paratiroid
- Kelenjar tiroid



Sekilas Biologi

Paul Langerhans
(1847–1880)



Ia adalah seorang ahli anatomi berkebangsaan Jerman. Selama masa studi kedokterannya, ia membuat kontribusi bagi dunia keilmuan dengan meneliti fungsi sel-sel pada pankreas. Atas jasanya, sel-sel pankreas yang berkumpul membentuk sebuah pulau diberi nama sesuai namanya, pulau Langerhans.

Sumber: www.whonamedit.com

c. Kelenjar Tiroid dan Paratiroid

Kelenjar tiroid memiliki bentuk seperti huruf H dan berlokasi di leher. Tiroid berada di atas trakea. Kelenjar ini menghasilkan hormon tiroksin. Kelebihan hormon tiroksin akan menyebabkan hipertiroidisme. Seseorang yang menderita hipertiroidisme akan memiliki detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh meningkat.

Adapun kekurangan hormon tiroksin menyebabkan hipotiroidisme. Apabila hal ini terjadi sejak masa kanak-kanak, akan menyebabkan penyakit kekerdilan (kretinisme).

Kelenjar paratiroid merupakan empat kelenjar pada bagian belakang kelenjar tiroid. Kelenjar paratiroid merupakan kelenjar endokrin terkecil di dalam tubuh. Kelenjar ini menghasilkan parathyroid hormone (PTH).

d. Kelenjar Pankreas

Sel-sel endokrin dapat ditemukan pula pada pankreas. Sel-sel tersebut terdapat pada pulau-pulau Langerhans. Dua tipe sel (α dan β) pada pulau-pulau Langerhans memproduksi hormon glukagon dan hormon insulin. Pada seseorang yang tubuhnya tidak dapat memproduksi insulin akan menimbulkan penyakit diabetes mellitus. Diabetes mellitus memiliki ciri-ciri glukosa dalam urine tinggi, mudah haus, dan mudah lelah.

e. Kelenjar Adrenal

Kelenjar adrenal terletak di atas setiap ginjal. Setiap kelenjar tersusun atas dua bagian, yaitu korteks dan medula. Korteks menghasilkan hormon jenis kortikoid, sedangkan medula menghasilkan hormon jenis adrenalin. Ketakutan, marah, sakit, dan dingin dapat merangsang medula untuk menghasilkan adrenalin dalam jumlah banyak. Adrenalin merangsang perubahan glikogen menjadi glukosa sehingga banyak energi yang terbentuk. Respons tubuh terhadap adrenalin membuat seseorang dapat menghadapi bahaya atau meninggalkannya. Perhatikan Gambar 8.20, hormon apakah yang sedang bekerja di dalam tubuh pemadam kebakaran?



Sumber: *Heath Biology*, 1985

Gambar 8.20

Para petugas pemadam kebakaran sedang berusaha memadamkan api.

f. Kelenjar Kelamin

Kelenjar kelamin (gonad) menghasilkan hormon kelamin. Pada wanita, gonad terletak pada ovarium, sedangkan pada pria terletak pada testis. Produksi hormon estrogen oleh gonad dipengaruhi oleh follicle stimulating hormone (FSH). Adapun produksi hormon progesteron dipengaruhi oleh luteinizing hormone (LH).

g. Kelenjar Pineal

Kelenjar pineal terletak di tengah-tengah otak. Kelenjar ini menghasilkan hormon melatonin yang berfungsi mengatur ritme biologis, misalnya tidur. Pada saat malam hari, konsentrasi melatonin akan tinggi sehingga membuat seseorang tidur. Adapun pada siang hari, konsentrasi melatonin rendah sehingga membuat seseorang terjaga.

h. Kelenjar Timus

Kelenjar timus terletak di atas rongga dada. Kelenjar ini menghasilkan hormon timosin yang berfungsi dalam pematangan limfosit T. Limfosit T merupakan jenis sel darah putih yang berperan dalam kekebalan tubuh.

2. Gangguan dan Penyakit pada Sistem Endokrin

Bagaimana jika produksi hormon pada tubuh manusia berlebihan atau bahkan kekurangan? Bagaimana pula jika kelenjar-kelenjar endokrin mengalami gangguan? Berikut akan dijelaskan beberapa contoh gangguan dan penyakit yang dapat terjadi pada sistem endokrin.

a. Akromegali dan Dwarfisme

Akromegali merupakan kelainan akibat kelebihan growth hormone (GH) pada saat dewasa. Kelebihan GH setelah dewasa mengakibatkan pertumbuhan tulang-tulang tangan dan wajah terus berlanjut sehingga perbandingan dengan tulang-tulang lainnya tidak seimbang. Pada wanita yang mengidap akromegali, tulang-tulang wajahnya berubah sehingga menyerupai wajah pria. Apabila kelebihan GH terjadi pada masa kanak-kanak akan menyebabkan pertumbuhan raksasa (gigantisme).



Sumber: *Biology: Exploring Life*, 1994

Jika kekurangan GH pada masa anak-anak, pertumbuhan tubuh menjadi terhambat. Hal ini menyebabkan dwarfisme (kekerdilan).

b. Diabetes Mellitus (DM)

Penyakit ini disebabkan oleh kurangnya sekresi hormon insulin oleh pankreas. Penyakit ini disebut juga penyakit kencing manis. Penderita DM memiliki ciri-ciri kandungan glukosa pada urine tinggi, mudah haus, dan mudah lelah.

Kata Kunci

- Kelenjar kelamin
- Kelenjar pineal
- Kelenjar timus

Gambar 8.21
Perubahan kondisi fisik pada penderita akromegali (a) ketika berusia 9 tahun, (b) 16 tahun, (c) 33 tahun, (d) 52 tahun.

c. Feokromositoma

Penyakit ini disebabkan adanya tumor pada bagian medula adrenal. Hal ini menyebabkan sekresi yang berlebihan dari hormon adrenalin. Penderita Feokromositoma memiliki ciri-ciri yaitu metabolisme meningkat, glukosa dalam darah tinggi, jantung berdebar, tekanan darah tinggi, dan berkeringat pada telapak tangan.

d. Penyakit Addison

Penyakit ini disebabkan oleh berlebihnya sekresi glukokortikoid. Gejala penyakit ini antara lain berkurangnya volume darah dan tekanan darah, daya tahan tubuh menurun, mudah haus, mudah lelah, dan gangguan mental.

Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Apakah yang dimaksud dengan hormon?
2. Apakah akibat kekurangan dan kelebihan growth hormone (GH)?
3. Apakah fungsi hipotalamus?
4. Apakah fungsi hormon estrogen dan progesteron pada wanita?

C. Sistem Indra

Anda dapat membaca buku karena adanya mata. Anda dapat menonton film kesayangan Anda karena adanya mata. Suara dari televisi dapat Anda dengar karena adanya telinga. Mata dan telinga merupakan organ yang termasuk ke dalam sistem indra.

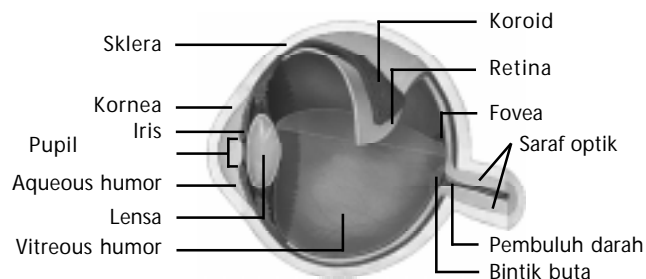
Sistem saraf berfungsi merespons segala sesuatu atau peristiwa yang berada di lingkungan (luar tubuh). Untuk melakukan hal ini, sistem saraf harus memiliki informasi yang didapat dari lingkungan. Informasi dari lingkungan akan diterima oleh reseptor berupa indra. Apa sajakah alat indra pada manusia? Apakah yang terjadi jika alat indra mengalami gangguan?

1. Alat-Alat Indra

Informasi berupa impuls yang diterima indra dapat berupa cahaya, tekanan, panas, gelombang suara, bau, maupun wangi. Semua informasi tersebut dapat diterima secara khusus oleh indra tertentu. Tubuh manusia, memiliki lima alat indra, yaitu mata, hidung, telinga, lidah, dan kulit.

a. Mata

Mata berfungsi dalam penglihatan. Mata merupakan alat indra yang menerima rangsang berupa cahaya. Mata mampu membedakan warna, melihat objek dari jarak jauh, dan merespons cahaya. Perhatikan Gambar 8.22.



Gambar 8.22
Struktur bola mata

Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Bola mata pada manusia terdiri atas beberapa bagian. Bagian paling luar dari bola mata tersusun atas lapisan jaringan ikat yang disebut sklera. Adapun lapisan dalam berupa jaringan ikat yang banyak mengandung pigmen dan pembuluh darah yang disebut koroid.

Pada bagian depan terdapat sklera yang transparan disebut kornea. Sklera dilindungi oleh membran mukus (konjungtiva) yang berfungsi membuat mata selalu basah atau lembap. Sklera yang transparan (kornea) memungkinkan cahaya masuk ke bola mata. Kornea tidak dilindungi oleh konjungtiva. Bagian depan koroid membentuk suatu badan bulat yang disebut iris. Iris adalah bagian berwarna pada mata. Iris berfungsi mengatur cahaya yang masuk melalui pupil. Pupil adalah suatu lubang di tengah-tengah iris. Jika intensitas cahaya tinggi, pupil akan mengecil, dan sebaliknya.

Di dalam koroid terdapat retina yang membentuk lapisan dalam bola mata. Retina mengandung sel-sel fotoreseptor. Retina pada manusia mengandung sekitar 125 juta sel-sel batang dan 6 juta sel-sel kerucut. Kedua sel fotoreseptor tersebut diberi nama sesuai dengan bentuknya.

Sel-sel fotoreseptor banyak terletak pada pusat retina (fokus) yang disebut fovea. Sel-sel fotoreseptor tidak terdapat di bagian retina. Pada retina terdapat suatu bagian yang tidak dapat mendeteksi cahaya, yaitu bintik buta (blind spot).

Sel batang dan sel kerucut memiliki fungsi yang berbeda dalam proses penglihatan. Sel batang lebih sensitif terhadap cahaya, namun tidak dapat membedakan warna. Sel batang tidak bekerja pada malam hari. Hal ini berbeda dengan sel kerucut yang dapat membedakan warna pada siang hari.

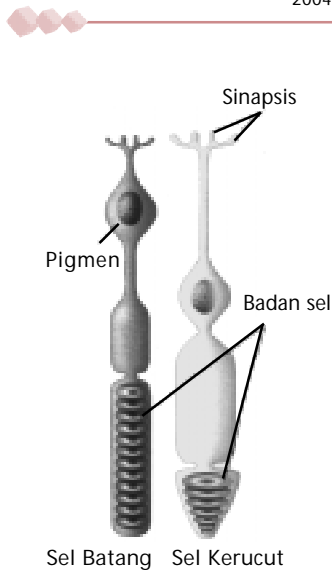
Sel batang dan sel kerucut mengandung pigmen penglihatan retinal yang terikat pada membran yang disebut opsin. Sel batang memiliki tipe opsin yang bergabung bersama retinal yang membentuk pigmen rhodopsin. Rhodopsin adalah pigmen yang sensitif terhadap cahaya redup.

Sel kerucut mengandung pigmen fotopsin. Fotopsin dapat menyerap cahaya terang dan berwarna. Terdapat tiga jenis sel kerucut, yaitu sel kerucut biru, sel kerucut hijau, dan sel kerucut merah.

Fakta Biologi

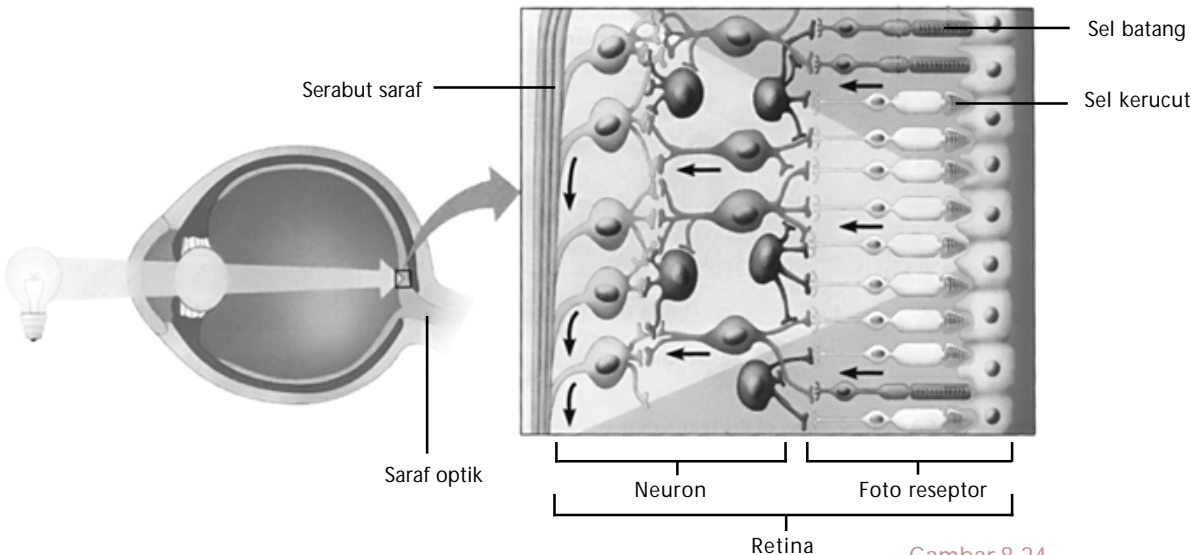
Setiap retina mengandung 130 juta sel foto reseptor (sel kerucut dan sel batang) pada satu daerah yang hanya sebesar kuku ibu jari kaki.

Sumber: *Science Library: Human Body*, 2004



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Gambar 8.23
Sel kerucut dan sel batang



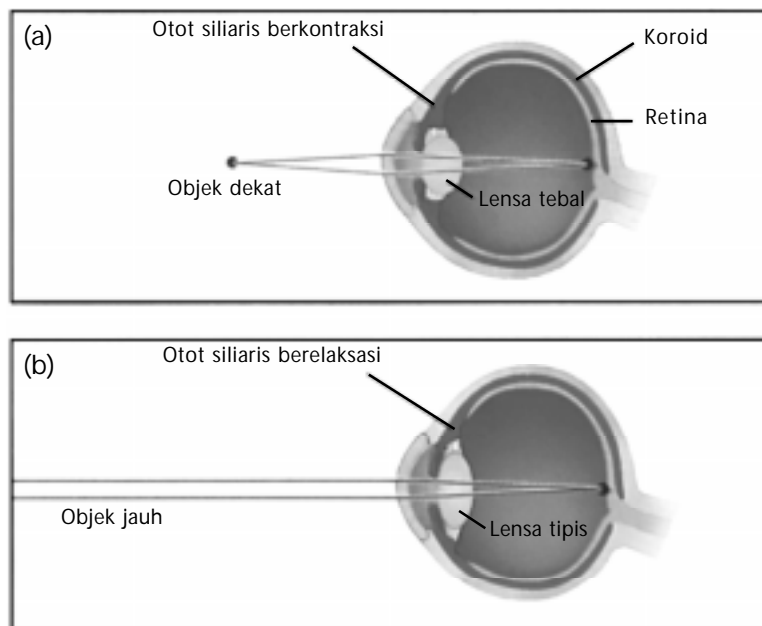
Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Gambar 8.24
Jalur cahaya dari sumber cahaya menuju saraf optik

Logika Biologi

Ketika Anda berada di tempat gelap, kemudian pindah ke tempat terang dengan cepat, mata Anda akan silau beberapa saat. Dapatkah Anda menjelaskan fenomena tersebut?

Gambar 8.24 menunjukkan jalur masuk cahaya ke mata melalui retina. Ujung sel batang dan sel kerucut menempel pada retina bagian belakang. Cahaya akan masuk melewati lapisan sel-sel saraf yang transparan sebelum mencapai sel batang dan sel kerucut. Retina menyerap cahaya, rhodopsin dan fotopsin akan berubah pada permeabilitas membran selnya. Hal ini merupakan awal pelepasan neurotransmitter. Kemudian, informasi visual oleh sel batang dan sel kerucut akan menuju jaringan neuron melalui sel-sel fotoreseptor. Potensial aksi membawa informasi yang telah diolah menuju otak melalui saraf optik. Penglihatan tiga dimensi yang biasa kita lihat merupakan hasil pengolahan dari dua mata.



Gambar 8.25

Bentuk lensa pada (a) penglihatan jarak dekat dan (b) penglihatan jarak jauh

Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Di belakang pupil terdapat sebuah lensa (bikonveks) yang berfungsi memfokuskan cahaya yang masuk. Lensa tersebut melekat pada suatu otot mata (otot siliaris). Bentuk lensa diatur oleh otot mata tersebut. Ketika mata melihat objek yang dekat, otot siliaris akan berkontraksi menarik koroid mendekati lensa. Akibatnya, lensa menjadi tebal dan berbentuk bulat. Sebaliknya, ketika melihat objek yang jauh, otot siliaris akan berelaksasi sehingga koroid menjauhi lensa. Hal ini menyebabkan lensa menjadi tipis. Kemampuan lensa untuk menebal dan menipis disebut akomodasi.

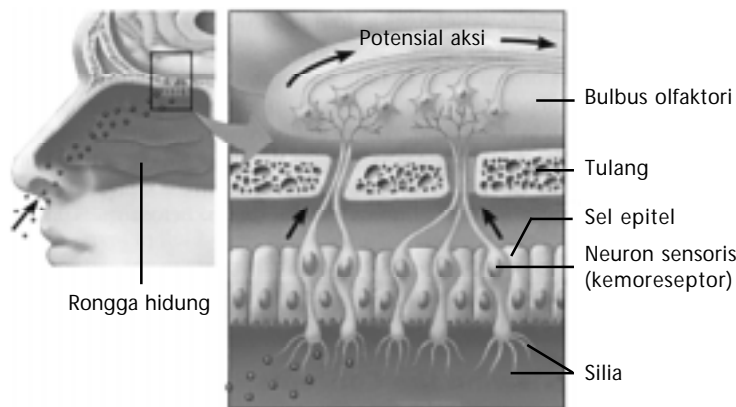
Bola mata terbagi menjadi dua ruang. Ruang yang besar di belakang lensa berisi (vitreous humor). Adapun ruang yang kecil di depan lensa berisi aqueous humor.

Kata Kunci

- Hidung
- Sel-sel olfaktori

b. Hidung

Pada hidung terdapat kemoreseptor, yaitu sel-sel sensoris yang sensitif terhadap senyawa kimia. Reseptor pada hidung terletak di dalam epitel olfaktori. Reseptor tersebut adalah sel-sel olfaktori. Epitel olfaktori terletak di atas rongga hidung. Sel-sel olfaktori tersebut akan mengirimkan impuls melewati akson menuju bulbus olfaktori pada otak.



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

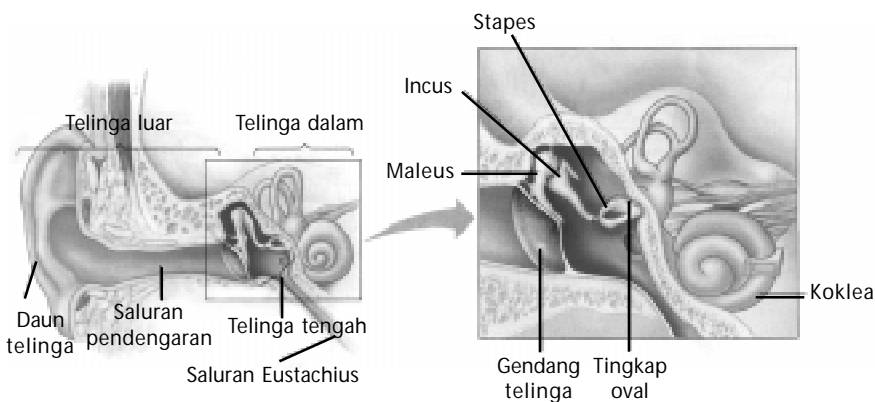
Gambar 8.26

Mekanisme penciuman oleh hidung

Ketika suatu substansi masuk ke rongga hidung, substansi tersebut akan menempel pada protein reseptor spesifik pada silia. Menempelnya substansi tersebut memicu adanya potensial aksi. Di otak, sinyal dari potensial aksi akan diolah. Manusia dapat membedakan ribuan bau yang berbeda. Perhatikan Gambar 8.26.

c. Telinga

Telinga berfungsi untuk mendengar, karena memiliki reseptor yang sensitif terhadap getaran. Selain itu, telinga berperan dalam keseimbangan tubuh. Telinga dibagi menjadi telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Gambar 8.27

Telinga terbagi menjadi telinga luar, telinga dalam, telinga tengah, dan telinga dalam.

Telinga luar terdiri atas daun telinga dan saluran pendengaran (lubang telinga). Daun telinga berfungsi memusatkan suara yang masuk ke lubang telinga. Suara akan dikumpulkan oleh daun telinga dan kemudian masuk ke lubang telinga menggetarkan gendang telinga (membran timpani). Gendang telinga merupakan jaringan yang membatasi antara telinga luar dan telinga tengah.

Di dalam telinga tengah terdapat tiga tulang pendengaran, yaitu tulang martil (maleus), tulang landasan (incus), dan tulang sanggurdi (stapes). Ketika suara menggetarkan gendang telinga, ketiga tulang pendengaran akan menangkap getaran tersebut. Pada telinga tengah terdapat saluran Eustachius yang menghubungkan ruang telinga dengan faring. Saluran tersebut berfungsi menyeimbangkan tekanan udara di telinga tengah dan lubang telinga. Tulang sanggurdi melekat pada tingkap oval, yaitu suatu membran tipis di dalam telinga. Perhatikan Gambar 8.27.

Kata Kunci

- Membran timpani
- Organ korti
- Rumah siput
- Telinga



Sekilas Biologi

Bartolommeo Eustachio
(1520–1574)



Ia adalah seorang ahli anatomi tubuh manusia. Eustachio menemukan fungsi suatu saluran di dalam telinga yang kemudian diberi nama saluran Eustachius.

Sumber: www.allbiographies.com

Telinga dalam terdiri atas rumah siput (koklea). Di dalam koklea terdapat tiga ruangan (kanal), yaitu kanal atas, kanal tengah, dan kanal dalam. Di kanal tengah terdapat organ pendengaran, yaitu organ korti. Pada organ korti terdapat sel yang memiliki rambut-rambut. Sel berambut tersebut peka terhadap getaran. Sel tersebut melekat pada membran basilar.

Sekarang kita akan mempelajari mekanisme pendengaran oleh telinga. Suara akan dikumpulkan oleh daun telinga ke lubang telinga pada telinga luar. Getaran suara yang masuk akan menggetarkan gendang telinga. Dari gendang telinga, getaran akan disalurkan ke tulang-tulang pendengaran dan kemudian ke tingkap oval. Getaran pada tingkap oval akan menggetarkan cairan di dalam koklea. Getaran akan merambat ke ujung koklea melalui kanal atas. Kemudian, getaran akan masuk ke kanal bawah dan menghilang.

Pada saat getaran masuk ke kanal atas, getaran tersebut akan menekan kanal tengah. Hal ini mengakibatkan membran basilar bergetar. Secara otomatis, sel-sel berambut ikut bergetar menyapu membran tektorial. Ketika sel berambut bergetar, lubang ion pada membrannya membuka. Hasilnya, sel berambut melepaskan neurotransmitter menuju neuron sensoris. Neuron sensoris ini akan meneruskan impuls ke otak melalui saraf pendengaran. Otak besar menerima impuls ini dan kemudian menerjemahkannya.

d. Lidah

Lidah merupakan indra pengecap. Pada lidah terdapat banyak kemoreseptor berupa kuncup pengecap. Di dalam kuncup pengecap terdapat sel-sel reseptor rasa. Ketika makanan masuk ke dalam kuncup pengecap, sel-sel reseptor rasa akan aktif dan mengirimkan impuls saraf. Impuls saraf tersebut akan dikirim ke otak melalui neuron. Otak akan mengolah impuls tersebut sebagai rasa.

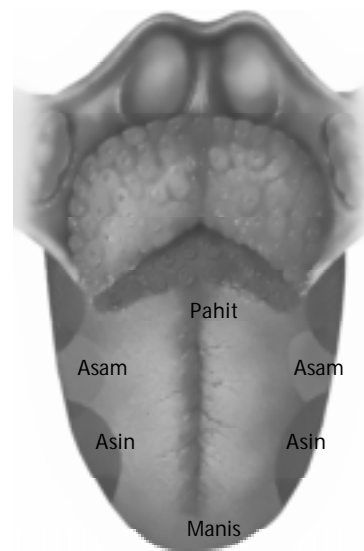
Terdapat bermacam-macam reseptor rasa yang dapat membedakan rasa. Lidah dapat merasakan empat macam rasa, yaitu, manis, asin, asam, dan pahit. Setiap makanan yang masuk akan merangsang beberapa tipe reseptor.

Kata Kunci

- Lidah
- Kuncup pengecap

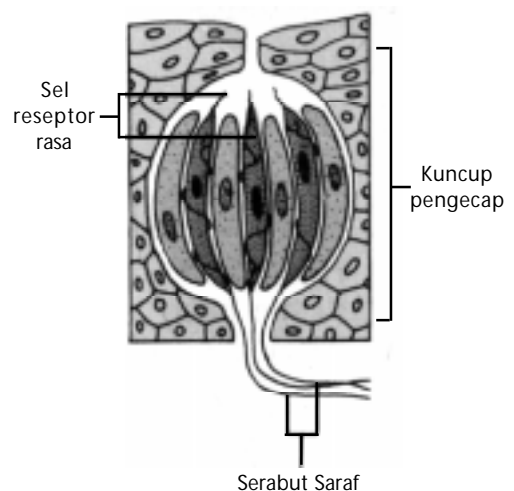
Logika Biologi

Beberapa daerah memiliki rasa dominan masakan yang berbeda. Misalnya, masakan padang cenderung pedas dan masakan jawa cenderung manis. Apakah hal ini berkaitan dengan struktur lidah penduduk setempat?



Gambar 8.28

Lidah dapat merasakan rasa yang berbeda-beda



Sumber: *Human Body*, 2002; *Heath Biology*, 1985



Aktivitas Biologi 8.2

Indra Pengecap

Tujuan

Membuktikan daerah pengecap rasa pada lidah

Alat dan Bahan

1. Lidi yang diberi kapas/cotton bud
2. Air
3. Larutan garam
4. Larutan gula
5. Larutan vitamin C
6. Larutan kina

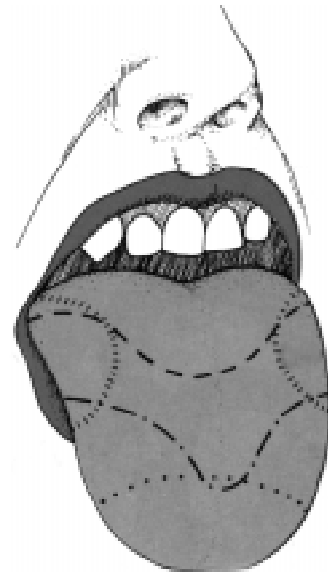
Cara Kerja

1. Sebelum percobaan dimulai, berkumurlah sampai bersih.
2. Sediakanlah satu cotton bud untuk masing-masing larutan.
3. Celupkanlah cotton bud pada salah satu larutan yang telah Anda siapkan. Kemudian, sentuhkan ujung cotton bud tersebut pada daerah ujung lidah, pinggir lidah, dan pangkal lidah teman Anda.
4. Ulangilah langkah 3 dengan larutan yang berbeda. Setiap akan melakukan uji dengan larutan lain, kumur-kumurlah mulut Anda atau teman Anda. Masukkan hasil pengamatan Anda ke dalam tabel berikut.

Nama Siswa	Larutan	Bagian Lidah yang Merasakan
	Garam Gula Vitamin C Kina	

Pertanyaan

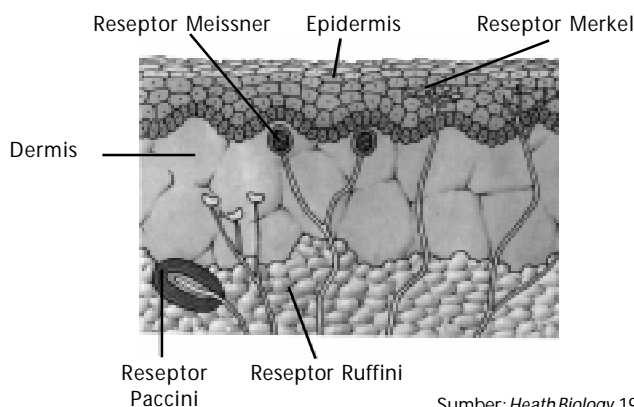
1. Tentukan daerah pengecap untuk rasa manis, asin, asam, dan pahit.
2. Indra pengecap termasuk kemoreseptor. Apakah sebabnya?
3. Di manakah terdapatnya ujung-ujung saraf pengecap?



Sumber: Heath Biology, 1985

e. Kulit

Kulit mengandung reseptor yang paling banyak dibanding dengan organ-organ lain di dalam tubuh. Reseptor tersebut berupa mekanoreseptor, yaitu suatu reseptor yang akan aktif jika terkena rangsangan berupa tekanan atau sentuhan. Setiap reseptor akan merespons rangsangan yang berbeda-beda. Terdapat empat macam reseptor pada kulit, yaitu Meissner, Merkel, Paccini, dan Ruffini (Gambar 8.29). Meissner peka terhadap sentuhan ringan. Merkel peka terhadap sentuhan dan tekanan. Merkel dapat menunjukkan secara cepat sumber rangsangan. Paccini peka terhadap getaran dan tekanan yang kuat. Ruffini peka terhadap sentuhan yang berulang-ulang.



Sumber: Heath Biology, 1985

Logika Biologi

Sekarang, Anda sedang memperhatikan penjelasan dari guru Anda. Alat indra apakah yang ikut terlibat dalam aktivitas tersebut? Jelaskan.

Gambar 8.29

Kulit memiliki empat macam reseptor.

2. Gangguan dan Penyakit pada Alat-Alat Indra

Sama seperti halnya sistem saraf dan sistem endokrin, sistem indra pada manusia dapat mengalami gangguan dan penyakit. Berikut akan dijelaskan beberapa gangguan dan penyakit pada alat-alat indra.

- Miopi, gangguan pada daya akomodasi lensa akibat lensa terlalu cembung atau bola mata terlalu panjang. Penderita miopi tidak dapat memfokuskan bayangan tepat di bintik kuning. Akibatnya, jika melihat objek yang jauh, bayangan jatuh di depan bintik kuning. Penderita miopi dapat dibantu dengan menggunakan lensa cekung.
- Hipermetropi, gangguan pada daya akomodasi lensa akibat lensa terlalu pipih atau bola mata terlalu pendek. Pada penderita hipermetropi, bayangan jatuh di belakang bintik kuning. Penderita hipermetropi tidak bisa melihat objek dari jarak dekat. Penderita dapat dibantu dengan menggunakan lensa cembung.
- Presbiopi, gangguan akibat menurunnya daya akomodasi akibat pertambahan usia.
- Anosmia, yaitu kehilangan rasa bau akibat penyumbatan rongga hidung, rusaknya sel-sel reseptor dan gangguan saraf.
- Otitis media (radang telinga tengah), disebabkan oleh infeksi atau virus. Gejala penyakit ini adalah sakit telinga, gangguan pendengaran, dan demam. Otitis media paling sering menyerang anak-anak.
- Mabuk perjalanan (motion sickness), gangguan pada keseimbangan akibat gerakan atau getaran secara terus-menerus selama perjalanan. Gejala gangguan ini antara lain, mual, muntah, berkeringat, dan pusing.

Tugas Anda 8.1

Pada saat ini, banyak teknologi yang dikembangkan untuk menangani penderita gangguan pada alat-alat indra. Salah satu teknologi tersebut adalah alat bantu dengar. Carilah informasi mengenai teknologi-teknologi penanganan gangguan pada alat-alat indra. Buatlah tulisan Anda dalam bentuk karya ilmiah.

Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Jelaskan bagian-bagian mata.
- Jelaskan mekanisme yang terjadi di dalam telinga hingga suatu bunyi dapat terdengar.
- Apakah fungsi rambut-rambut pada hidung?

Rangkuman

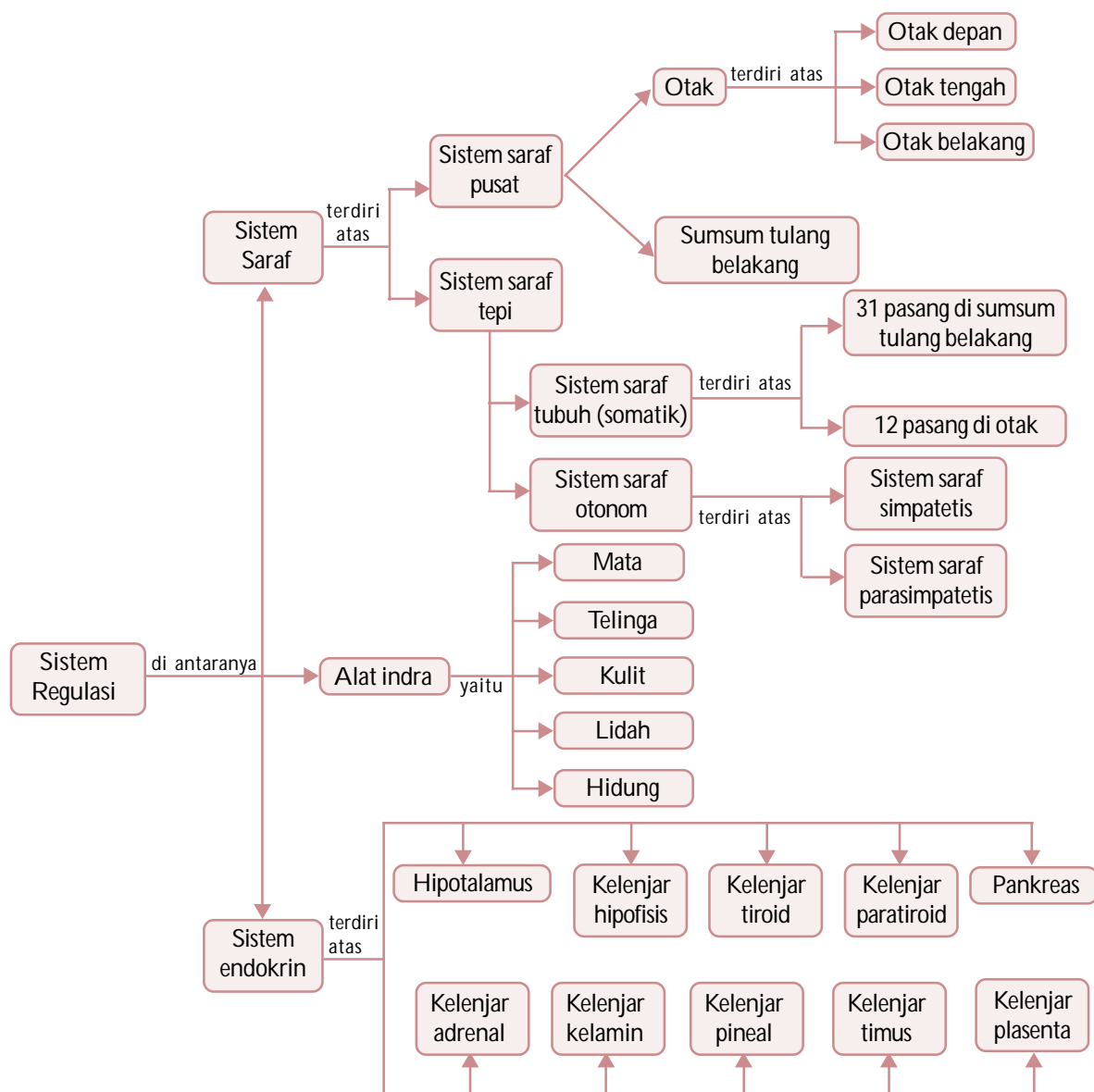
- Sistem saraf berfungsi menerima informasi dari dalam tubuh maupun dari luar tubuh untuk diinterpretasikan menjadi sebuah respons atau tanggapan. Proses penyampaian informasi melalui suatu media, yaitu sel saraf (neuron).
- Sel saraf (neuron) berfungsi menghantarkan impuls atau rangsang dari reseptor ke pusat saraf dan meneruskannya ke efektor. Neuron tersusun atas badan sel saraf, dendrit, dan akson. Berdasarkan struktur dan fungsinya, neuron dapat dibagi menjadi tiga, yaitu neuron sensoris, neuron intermediet, dan neuron motoris.
- Sistem saraf dikelompokkan menjadi dua, yaitu sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf pusat tersusun atas otak dan sumsum tulang belakang. Otak merupakan pusat dari seluruh sistem saraf. Otak manusia terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu otak depan, otak tengah, dan otak belakang.

4. Sumsum tulang belakang merupakan penghubung antara sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sumsum tulang belakang berfungsi menghantarkan impuls menuju otak dan berperan dalam proses gerak refleks.
5. Berdasarkan fungsinya, sistem saraf tepi dibagi menjadi dua, yaitu sistem saraf aferen dan sistem saraf eferen. Sistem saraf aferen berfungsi membawa impuls dari reseptor menuju sistem saraf pusat. Sistem saraf eferen berfungsi membawa impuls dari sistem saraf pusat menuju efektor.
6. Sistem saraf eferen dibedakan lagi menjadi sistem saraf somatis dan sistem saraf otonom. Sistem saraf otonom

terdiri atas saraf simpatetis dan saraf parasimpatetis. Saraf simpatetis dan saraf parasimpatetis bekerja berlawanan.

7. Sistem endokrin berfungsi menyampaikan informasi berupa senyawa kimia. Sistem endokrin bekerja dengan cara menghasilkan hormon. Kelenjar hormon pada tubuh manusia, yaitu hipotalamus, hipofisis, tiroid, paratiroid, pankreas, adrenal, kelamin (gonad), pineal, dan timus.
8. Sistem saraf mendapat bantuan dari alat-alat indra untuk menangkap informasi dan lingkungan. Tubuh manusia memiliki lima alat indra, yaitu indra penglihat (mata), indra pencium (hidung), indra pendengar (telinga), indra pengecap (lidah), dan indra peraba (kulit).

Peta Konsep



Refleksi

Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi Sistem Regulasi ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda memahami penyakit dan gangguan yang dapat terjadi pada alat-alat indera. Oleh karena itu, sangatlah penting untuk menjaga kesehatan alat-alat indera tersebut. Apakah Anda dapat menyebutkan manfaat yang lainnya?

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan

proses serta kelainan atau penyakit pada sistem regulasi manusia. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.

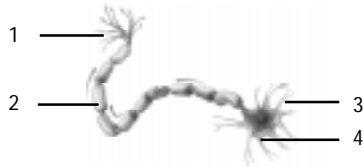
Evaluasi Kompetensi Bab 8

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

1. Sistem regulasi memiliki fungsi
 - a. mengatur kerja seluruh sistem organ pada tubuh manusia.
 - b. mengeluarkan sisa-sisa metabolisme sel
 - c. mengedarkan darah ke seluruh tubuh
 - d. mengambil desigen ke dalam tubuh
 - e. menjaga keseimbangan cairan tubuh

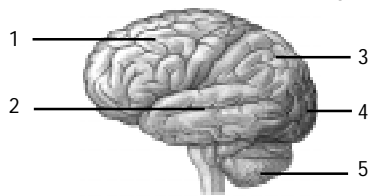
Untuk soal nomor 2–4, perhatikan gambar berikut.



2. Bagian yang ditunjukkan oleh nomor 2 adalah
 - a. dendrit
 - b. akson
 - c. sel Schwann
 - d. badan sel saraf
 - e. neuron
3. Bagian sel yang berfungsi menghantarkan impuls dari badan sel saraf menuju neuron lain adalah ...
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 1 dan 2
4. Sel Schwann terdapat pada bagian yang ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 1 dan 3
5. Sel-sel saraf akan saling berhubungan melalui
 - a. neuron
 - b. sinapsis
 - c. akson
 - d. dendrit
 - e. sel Schwann
6. Prinsip dasar perambatan impuls pada sel saraf adalah karena

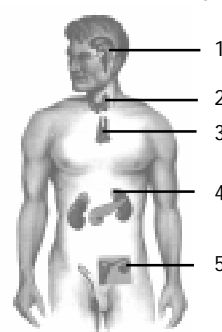
- a. perbedaan tekanan parsial
 - b. perbedaan konsentrasi oksigen
 - c. perbedaan konsentrasi ion pada membran sel
 - d. neurotransmitter dari sel saraf
 - e. hubungan antar sel saraf
7. Bagian dan otak besar yang berperan dalam ingatan dan emosi adalah
 - a. lobus temporalis
 - b. lobus parietalis
 - c. lobus oksipitalis
 - d. lobus anterior
 - e. lobus frontalis
 8. Otak kanan dan otak kiri dihubungkan oleh suatu jaringan saraf yang disebut
 - a. corpus callosum
 - b. corpus luteum
 - c. sinapsis
 - d. neurotransmitter
 - e. jaringan epitel
 9. Bagian pada otak yang dihubungkan oleh pons varoli adalah
 - a. otak kanan dan otak kiri
 - b. otak besar dan otak kecil
 - c. otak besar dan sumsum lanjutan
 - d. otak kecil dan sumsum lanjutan
 - e. otak kanan dan sumsum lanjutan
 10. Selaput pelindung otak dan sumsum tulang belakang disebut
 - a. cerebrum
 - b. pons varoli
 - c. meninges
 - d. medula oblongata
 - e. girus

Untuk soal nomor 11 dan 12, perhatikan gambar berikut.



11. Pusat pengatur keseimbangan tubuh ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
12. Bagian otak yang berfungsi dalam mengatur pernapasan adalah
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
13. Pernyataan yang benar tentang saraf parasimpatetis adalah
 - a. mempercepat denyut jantung
 - b. merangsang aktivitas kelenjar hormon
 - c. bekerja berlawanan dengan saraf simpatesis
 - d. menghasilkan kolinesterase untuk merangsang kontraksi otot
 - e. tersusun atas ganglion sejajar
14. Urutan perjalanan impuls pada gerak refleks adalah
 - a. reseptor → sensoris → motoris → intermediet → efektor
 - b. sensoris → respTOR → intermediet → motoris → efektor
 - c. reseptor → sensoris → efektor → motoris → intermediet
 - d. sensoris → efektor → reseptor → motoris → intermediet
 - e. reseptor → sensoris → intermediet → motoris → efektor
15. Berkurangnya neurotransmitter dopamin mengakibatkan penyakit
 - a. kelumpuhan
 - b. poliomyelitis
 - c. epilepsi
 - d. parkinson
 - e. stroke
16. Organ tubuh yang tidak berhubungan dengan hormon adalah
 - a. usus
 - b. ovarium
 - c. testis
 - d. ginjal
 - e. otak
17. Fungsi hormon yang diproduksi di dalam pankreas adalah
 - a. mengatur perkembangan organ kelamin
 - b. mengatur kadar kalsium dalam jaringan
 - c. mengatur kadar gula dalam darah
 - d. mengatur metabolisme senyawa fosfat
 - e. merangsang pembentukan limfosit T

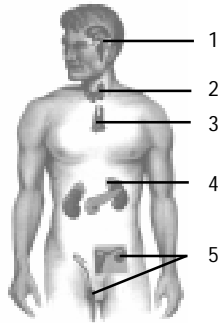
Untuk soal nomor 18–20, perhatikan gambar berikut.



18. Bagian yang berfungsi menghasilkan hormon tiroksin ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
19. Hormon yang berfungsi dalam pembentukan sperma dibentuk pada bagian dengan nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
20. Kelenjar yang disebut "master of gland" ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
21. Diabetes mellitus merupakan jenis penyakit yang disebabkan oleh kekurangan hormon
 - a. tiroksin
 - b. glukagon
 - c. kalsitonin
 - d. melatonin
 - e. insulin
22. Sel penerima rangsang cahaya pada mata adalah
 - a. kornea dan lensa
 - b. pupil dan lensa
 - c. sel kerucut dan sel batang
 - d. lensa dan bintik kuning
 - e. sel konus dan sel korti
23. Bagian yang memberi warna pada bola mata adalah
 - a. kornea
 - b. retina
 - c. iris
 - d. sklera
 - e. koroid
24. Penerima rangsang (reseptor) pada hidung adalah
 - a. sel olfaktori
 - b. sel kerucut
 - c. sel batang
 - d. sel korti
 - e. sel saraf
25. Organ korti yang berfungsi sebagai organ pendengaran terdapat pada bagian
 - a. cerebrum
 - b. membran timpani
 - c. daun telinga
 - d. tulang pendengaran
 - e. koklea

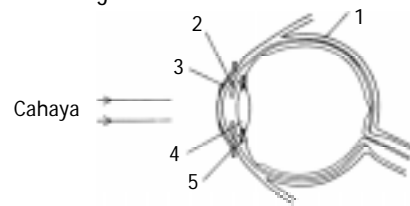
B. Soal Uraian

1. Tuliskan bagian-bagian dari otak besar beserta fungsinya.
2. Jelaskan urutan rangsang pada gerak refleks.
3. Jelaskan perbedaan antara sistem saraf dan sistem endokrin.
4. Perhatikan gambar sistem endokrin pada manusia berikut ini.



- a. Tuliskan hormon yang dihasilkan oleh bagian yang diberi nomor.
- b. Jelaskan fungsi hormon yang dihasilkan oleh bagian dengan nomor 2, 3, dan 4.

5. Perhatikan gambar mata berikut ini.

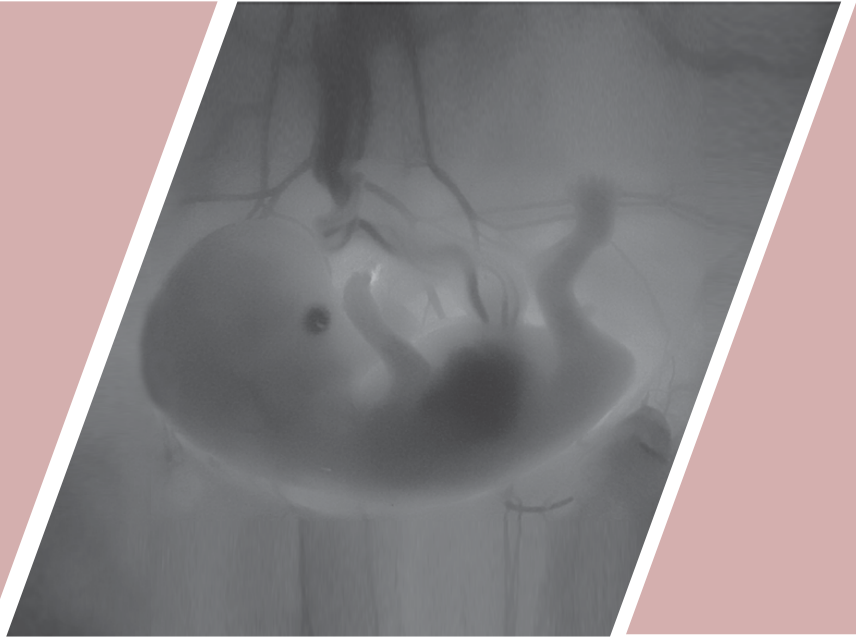


- a. Tuliskan bagian-bagian yang diberi nomor.
- b. Lanjutkanlah cahaya yang masuk ke dalam mata untuk menunjukan objek yang fokus pada retina.

C. Soal Tantangan

1. Pada suatu malam, Anda merasa sangat lapar. Kemudian Anda teringat bahwa Anda menyimpan sepotong roti di lemari makanan. Selanjutnya, Anda membuka lemari tersebut, mengambil rotinya, dan makan roti tersebut. Jelaskan bagian-bagian otak yang berperan dalam seluruh peristiwa tersebut, termasuk merasa lapar, mengingat letak roti, dan mengambil roti di lemari.
2. Mengonsumsi minuman beralkohol dapat menurunkan kerja sistem saraf atau bahkan merusaknya. Alkohol pun merupakan penyebab utama pada kecelakaan berkendara bermotor. Menurut Anda, apakah kerugian lain dari mengonsumsi alkohol bagi kesehatan?

Bab 9



Sumber: *Young Scientist: Human Machine*, 1994

Embrio berkembang dari zigot yang merupakan hasil fertilisasi antara sel telur dan sperma.

Sistem Reproduksi

Hasil yang harus Anda capai:

menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan dan/atau penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses yang meliputi pembentukan sel kelamin, ovulasi, menstruasi, fertilisasi, kehamilan, dan pemberian ASI serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem reproduksi manusia.

Tahukah Anda bahwa sistem reproduksi sangat berhubungan erat dengan sistem endokrin? Pada bab sebelumnya, Anda telah mempelajari materi mengenai sistem endokrin atau sistem hormon. Sistem endokrin merupakan bagian dari sistem koordinasi yang berperan dalam kerja organ-organ pada tubuh manusia.

Salah satu penghasil hormon dalam sistem endokrin adalah ovarium (pada wanita) dan testis (pada laki-laki). Ovarium dan testis menghasilkan hormon-hormon yang berperan penting dalam sistem reproduksi. Mengapa Tuhan memberikan organ reproduksi pada makhluk hidup?

Pada bab ini, Anda akan mempelajari materi mengenai sistem reproduksi. Sistem reproduksi memiliki satu tujuan utama, yaitu membentuk suatu individu baru untuk kelanjutan generasi suatu spesies makhluk hidup. Untuk menjalankan fungsinya, sistem reproduksi didukung oleh organ-organ reproduksi. Bagaimana struktur dan fungsi organ reproduksi pada manusia? Dengan mempelajari bab ini, Anda akan dapat menjawab pertanyaan tersebut.

- A. Sistem Reproduksi pada Manusia**
- B. Sistem Reproduksi pada Tumbuhan**

Tes Kompetensi Awal

1. Sebutkan organ-organ reproduksi pada manusia?
2. Apakah fungsi organ-organ reproduksi tersebut?



A. Sistem Reproduksi pada Manusia

Pada hewan, terdapat dua jenis reproduksi, yaitu **reproduksi aseksual** dan **reproduksi seksual**. Reproduksi aseksual merupakan proses pembentukan individu baru tanpa melalui peleburan sel telur (ovum) dan sel sperma. Adapun reproduksi seksual merupakan proses pembentukan individu baru melalui peleburan ovum dan sel sperma. Pada manusia, reproduksi dilakukan secara seksual.

Proses peleburan antara ovum dan sperma disebut **fertilisasi**. Fertilisasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu **fertilisasi eksternal** dan **fertilisasi internal**. Pada fertilisasi eksternal, telur dikeluarkan oleh induk betina dan dibuahi oleh sperma di luar tubuh (lingkungan). Adapun pada fertilisasi internal, sperma membuahi sel telur di dalam organ reproduksi betina. Manusia melakukan fertilisasi secara internal. Pada reproduksi seksual, diperlukan organ reproduksi khas yang berfungsi menghasilkan dan mengirimkan sel kelamin kepada lawan jenisnya. Apa sajakah organ reproduksi pada manusia? Bagaimana struktur dan fungsinya?

Kata Kunci

- Fertilisasi
- Reproduksi aseksual
- Reproduksi seksual
- Testis
- Tubulus seminiferus

1. Organ-Organ Reproduksi pada Manusia

Pria dan wanita memiliki organ reproduksi yang berbeda. Kedua organ reproduksi tersebut sama-sama berfungsi menghasilkan sel kelamin (gamet) pria dan wanita. Selain itu, organ reproduksi tersebut mendukung dalam proses fertilisasi.

a. Organ Reproduksi Pria

Organ reproduksi pria dibagi menjadi organ reproduksi bagian luar dan organ reproduksi bagian dalam. Organ reproduksi bagian luar terdiri atas penis dan skrotum. Adapun organ reproduksi bagian dalam terdiri atas testis, saluran pengeluaran, dan kelenjar aksesoris.

Penis adalah organ reproduksi yang berperan menyampaikan sel-sel sperma ke dalam organ reproduksi wanita melalui proses **kopulasi**. Penis tersusun atas jaringan yang dapat terisi oleh darah sehingga mengakibatkan ereksi. Organ reproduksi bagian luar lainnya adalah skrotum. Skrotum merupakan sebuah kantung yang berfungsi melindungi testis.

Testis merupakan organ tempat pembentukan sel-sel sperma. Testis terletak di luar rongga perut. Selain tempat pembentukan sperma, testis berfungsi menghasilkan hormon testosteron. Di dalam testis terdapat **tubulus seminiferus**. Sebenarnya, tubulus seminiferuslah yang berfungsi menghasilkan sel-sel sperma. Di dalam tubulus seminiferus terdapat **sel interstitial (sel leydig)** yang berfungsi menghasilkan hormon testosteron. Proses pembentukan sperma (**spermatogenesis**) akan dibahas pada bahasan selanjutnya.



William Cowper
(1666–1709)



Cowper adalah seorang ahli bedah dan anatomi tubuh berkebangsaan Inggris. Cowper menemukan kelenjar Cowper (kelenjar aksesori di organ kelamin laki-laki).

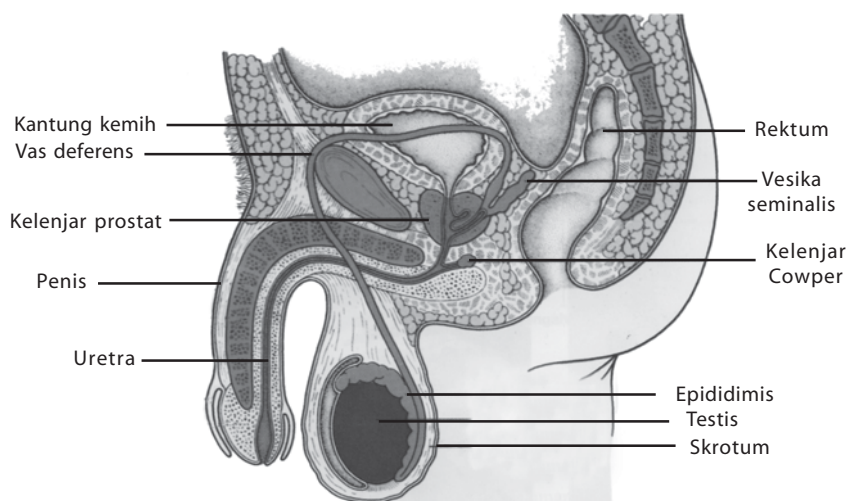
Sumber: www.allbiographies.com

Saluran pengeluaran terdiri atas **epididimis**, **vas deferens**, **saluran ejakulatoris**, dan **uretra**. Dari tubulus seminiferus, sperma akan masuk ke dalam epididimis yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan sperma. Apabila terjadi ejakulasi, sperma keluar dari epididimis menuju vas deferens. Dari vas deferens, sperma akan melewati saluran ejakulatoris untuk dikeluarkan melalui uretra.

Kelenjar aksesoris terdiri atas **vesika seminalis**, **kelenjar prostat**, dan **kelenjar bulbouretral** (Cowper). Sperma dikeluarkan dalam bentuk semen. Semen yang dikeluarkan dari uretra mengandung zat-zat yang dihasilkan oleh kelenjar aksesoris. Sekitar 60% dari total volume semen merupakan hasil sekresi dari vesika seminalis. Cairan yang dihasilkan vesika seminalis banyak mengandung mukosa, asam amino, fruktosa, dan prostaglandin.

Kelenjar prostat merupakan kelenjar terbesar dari kelenjar aksesoris. Hasil dari sekresi kelenjar ini akan langsung disalurkan ke uretra. Kelenjar prostat menghasilkan sekresi yang mengandung kolesterol, garam, dan enzim.

Kelenjar bulbouretral merupakan sepasang kelenjar yang berhubungan langsung dengan uretra. Kelenjar ini menghasilkan cairan yang berfungsi menetralkan urine yang mengandung asam di dalam uretra. Perhatikan **Gambar 9.1**.



Sumber: *Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran*, 1995

Gambar 9.1

Organ reproduksi pria

b. Organ Reproduksi Wanita

Organ reproduksi wanita berfungsi menghasilkan sel kelamin betina, yaitu sel telur (ovum). Organ reproduksi wanita dibagi menjadi organ reproduksi luar dan organ reproduksi dalam. Organ reproduksi luar terdiri atas klitoris dan labia. Adapun organ reproduksi dalam terdiri atas ovarium, saluran telur (oviduct), vagina, dan uterus.

Pada bagian paling luar, organ reproduksi wanita terdapat labia. Labia tersebut dibagi menjadi dua, yaitu **labia mayora** dan **labia minora**. Pada bagian atas labia terdapat klitoris. Klitoris merupakan organ erektile yang banyak mengandung pembuluh darah dan ujung-ujung saraf.

Pada organ reproduksi dalam, ovarium memegang peranan yang sangat penting karena menghasilkan sel telur (ovum). Selain itu, ovarium menghasilkan hormon estrogen dan hormon progesteron.

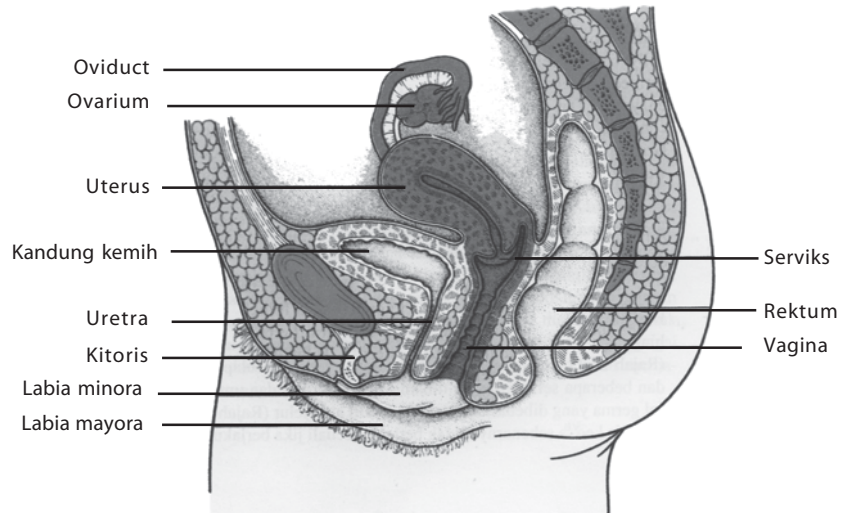
Kata Kunci

- Ovarium
- Uterus
- Vagina

Ovum setelah dibentuk di ovarium akan dilepaskan menuju uterus melalui **oviduct (tuba Fallopi)**. Tuba fallopi berbentuk saluran yang tersusun atas sel-sel epitel bersilia. Silia tersebut berfungsi menggerakkan ovum menuju uterus.

Uterus merupakan tempat perkembangan janin. Dinding uterus diliputi oleh banyak pembuluh darah. Dinding uterus disebut **endometrium**. Pada leher uterus terdapat **serviks** yang merupakan pembatas antara uterus dan vagina. Vagina merupakan sebuah tabung berlapis otot. Vagina memiliki dinding yang tipis sebagai tempat keluarnya bayi pada waktu melahirkan. Dinding vagina selalu basah oleh lendir yang dihasilkan oleh **kelenjar Bartholin**. Kelenjar Bartholin terletak di tepi lubang vagina.

Gambar 9.2
Organ reproduksi wanita



Sumber: Biologi: Evolusi, Kepelbagaian, dan Persekitaran, 1995



Sekilas Biologi

Gabriello Fallopio
(1523–1562)



Fallopio adalah seorang ahli anatomi tubuh berkebangsaan Itali. Ia membuat beberapa penemuan mengenai tulang dan organ reproduksi. Tuba Fallopi yang menghubungkan ovarium dengan uterus diberi nama sesuai dengan namanya.

Sumber: www.allbiographies.com

Kata Kunci

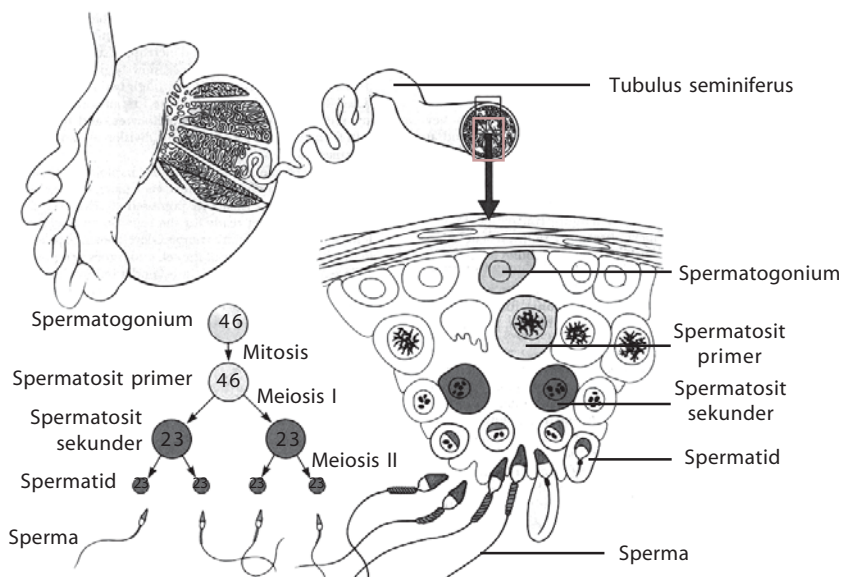
- Spermatogenesis
- Spermatosit

2. Gametogenesis

Gametogenesis merupakan proses pembentukan gamet (sel kelamin). Gametogenesis dibagi menjadi dua, yaitu spermatogenesis dan oogenesis. Spermatogenesis adalah proses pembentukan gamet jantan (sperma), sedangkan oogenesis adalah proses pembentukan gamet betina (ovum). Bagaimana mekanisme kedua gametogenesis tersebut? Adakah perbedaannya?

a. Spermatogenesis

Spermatogenesis terjadi di dalam tubulus seminiferus. Spermatogenesis memakan waktu 65–75 hari di dalam tubuh pria. Di dalam tubulus seminiferus, terdapat banyak sel induk sperma (**spermatogonium**). Spermatogonium bersifat diploid (2n), mengandung 46 kromosom. Spermatogonium akan membelah secara mitosis menjadi **spermatosit primer**. Spermatosit ini akan membelah pula secara meiosis menjadi dua **spermatosit sekunder** yang bersifat haploid (n). Haploid (n) artinya mengandung 23 kromosom atau setengah dari sel induk. Kemudian, setiap spermatosit sekunder akan membelah lagi secara meiosis menjadi dua spermatosit sehingga terbentuklah empat spermatid. Sel-sel spermatid tersebut akan mengalami pendewasaan menjadi sperma.

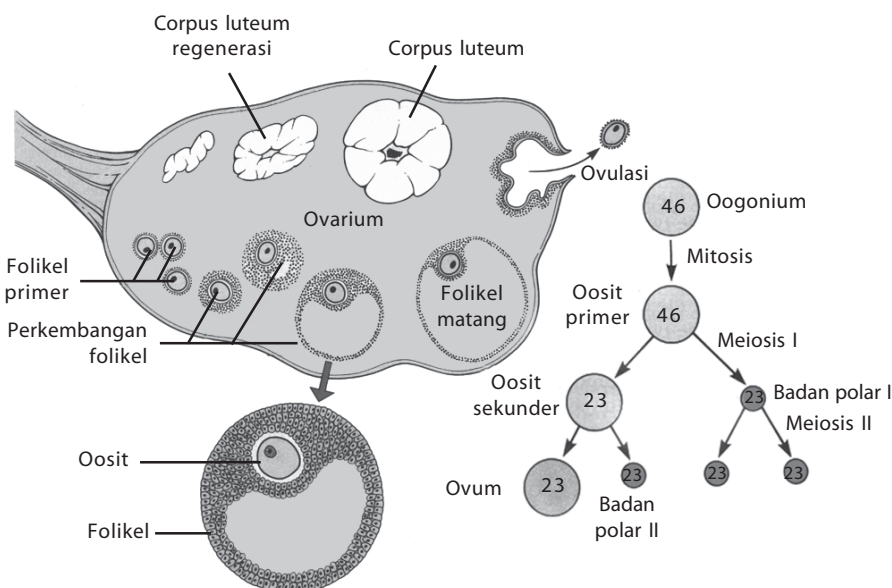


Sumber: *Biology: Discovering Life*, 1991

Gambar 9.3
Spermatogenesis

b. Oogenesis

Oogenesis terjadi di dalam ovarium. Ovarium mengandung banyak sel induk telur (oogonium) yang bersifat diploid ($2n$). Oogonium tersebut akan membelah secara mitosis menjadi oosit primer. Oosit primer akan membelah secara meiosis menjadi satu oosit sekunder dan satu badan polar primer. Kemudian, oosit sekunder membelah secara meiosis menjadi satu ootid dan satu badan polar sekunder. Ootid akan mengalami pematangan menjadi sel telur (ovum), sedangkan badan polar sekunder akan luruh (degenerasi).



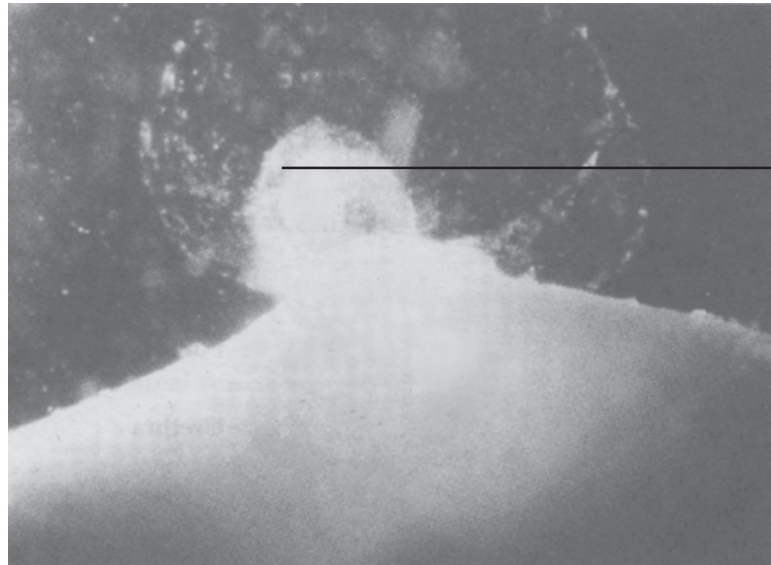
Sumber: *Biology: Discovering Life*, 1991

Gambar 9.4
Oogenesis terjadi di ovarium

Sel telur yang telah matang akan dilepaskan oleh ovarium. Pelepasan sel telur oleh ovarium disebut **ovulasi**.

Kata Kunci

- Oogenesis
- Oosit
- Ovulasi



Sel telur

Gambar 9.5

Proses pelepasan sel telur oleh ovarium (ovulasi).

Sumber: *Biology*, 1998

Di dalam ovarium terdapat banyak **folikel** yang merupakan pelindung dan pemberi nutrisi bagi sel telur yang sedang dibentuk. Pada proses ovulasi, folikel akan mengeluarkan sel telur. Folikel yang telah mengeluarkan sel telurnya disebut **corpus luteum**. Corpus luteum menyekresikan hormon estrogen dan progesteron.



Fakta Biologi

Pada saat dilahirkan, ovarium pada bayi perempuan mengandung 600 ribu oosit primer. Akan tetapi, hanya 400 yang akan berkembang menjadi ovum.

Sumber: *Heath Biology*, 1985

3. Siklus Menstruasi

Siklus menstruasi mengacu kepada perubahan yang muncul di dalam uterus. Rata-rata siklus menstruasi pada wanita sekitar 28 hari. Siklus menstruasi terdiri atas tiga fase, yaitu **fase menstruasi**, **fase proliferasi**, dan **fase sekretori** (Campbell, 1998: 951).

Fase menstruasi merupakan fase pada saat terjadi peluruhan dinding uterus yang menebal (endometrium). Endometrium yang luruh tersebut merupakan proses menstruasi (keluarnya darah dari vagina). Fase menstruasi hanya terjadi dalam beberapa hari saja (4–7 hari). Menstruasi menyebabkan dinding uterus menjadi tipis seperti semula.

Setelah 1–2 minggu, dinding uterus kembali menebal. Proses ini terjadi pada fase proliferasi. Fase terakhir dari siklus menstruasi adalah fase sekretori. Fase sekretori berlangsung selama dua minggu. Pada fase ini, endometrium semakin menebal, kaya akan pembuluh darah. Apabila tidak terjadi **implantasi** embrio pada endometrium, maka endometrium akan luruh. Hal ini akan mengawali terjadinya kembali siklus menstruasi.

Pada saat terjadi siklus menstruasi, berlangsung pula **siklus ovarium**. Siklus ini, terdiri atas tiga fase, yaitu **fase folikular**, **fase ovulasi**, dan **fase luteal**. Siklus ovarium diawali oleh fase folikular. Pada fase ini, folikel-folikel pada ovarium akan tumbuh dan berkembang. Dari beberapa folikel yang tumbuh, hanya satu saja yang akan matang, sementara folikel yang lainnya akan luruh. Fase ini berakhir pada saat sel telur dikeluarkan (ovulasi). Peristiwa ini merupakan fase ovulasi. Folikel yang telah mengeluarkan sel telur akan tetap berada di ovarium dan berubah menjadi corpus luteum. Proses tersebut terjadi pada fase luteal.

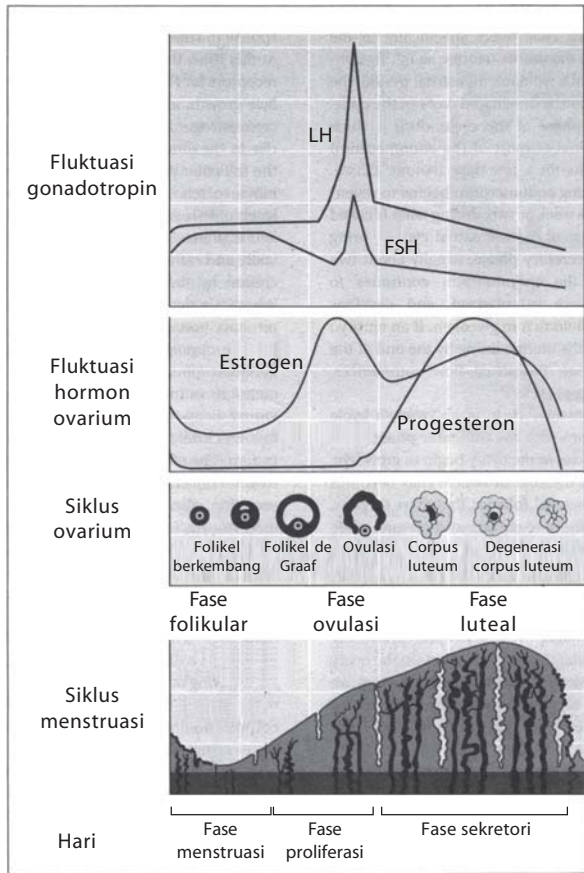
Siklus menstruasi dan siklus ovarium sangat dipengaruhi oleh hormon. Hormon tersebut berpengaruh terhadap perkembangan folikel, ovulasi, dan penebalan dinding rahim. Terdapat lima jenis hormon yang berperan dalam siklus menstruasi dan siklus ovarium (Campbell, 1998: 951). Kelima hormon tersebut adalah *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH), *Follicle Stimulating Hormone* (FSH), *Luteinizing Hormone* (LH), estrogen, dan progesteron.

Pada fase folikular dari siklus ovarium, hipotalamus akan mengeluarkan GnRH yang akan merangsang sekresi hormon FSH dan LH. FSH akan merangsang perkembangan folikel yang akan menyekresikan estrogen. LH sendiri menyebabkan terjadinya ovulasi dan pembentukan corpus luteum. Corpus luteum akan menyekresikan hormon estrogen dan progesteron. Kadar estrogen akan meningkat pada hari ke-12 siklus. Hal ini akan menyebabkan peristiwa ovulasi pada hari ke-14 siklus. Produksi estrogen dan progesteron akan mencapai puncaknya pada hari ke-22 siklus.

Apabila tidak terjadi pembuahan, kadar estrogen dan progesteron yang tinggi akan menghambat produksi FSH dan LH. Turunnya kadar LH akan menyebabkan luruhnya corpus luteum sehingga kadar estrogen dan progesteron pun menurun. Hal ini mengawali siklus menstruasi yang baru. Berdasarkan **Gambar 9.6** dapatkah Anda menjelaskan hubungan antara siklus menstruasi, siklus ovarium, dan keadaan hormon dalam tubuh?

Kata Kunci

- Menstruasi
- Implantasi



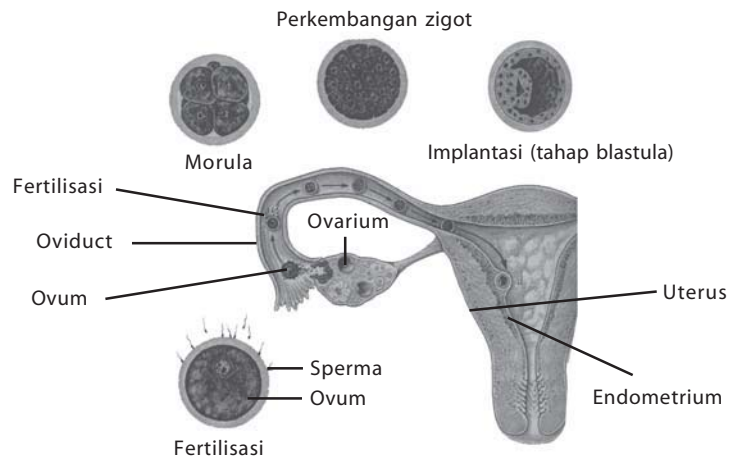
Sumber: *Biology*, 1998

Gambar 9.6
Grafik siklus menstruasi

4. Fertilisasi dan Kehamilan

Kehamilan akan terjadi karena adanya fertilisasi. Fertilisasi merupakan proses bertemunya sel telur (ovum) dengan sel sperma. Pada manusia, sel sperma akan masuk ke dalam vagina untuk bertemu dengan sel telur melalui proses kopulasi.

Pada lelaki normal, sperma akan dikeluarkan sebanyak 300–400 juta dalam satu kali ejakulasi. Sel-sel sperma yang masuk ke dalam vagina akan berenang menuju oviduct (tuba Fallopi). Apabila sel sperma bertemu dengan sel telur pada tuba Fallopi, maka akan terjadi fertilisasi (**Gambar 9.7**). Fertilisasi akan menghasilkan zigot yang bersifat diploid ($2n$), hasil peleburan antara inti sperma dan inti sel telur.



Sumber: Biology, 1998

Gambar 9.7

Fertilisasi terjadi di tuba Fallopi

Kata Kunci

- Embrio
- Organogenesis
- Plasenta

Dalam perjalanan menuju uterus, zigot akan mengalami pembelahan. Zigot yang mengalami pembelahan tersebut dinamakan **morula**. Morula tersebut akan terus mengalami pembelahan menjadi blastula. Blastula memiliki rongga yang disebut **blastosol**. Pada tutup **blastula**, zigot akan melekat pada endometrium. Proses melekatnya zigot pada endometrium disebut **implantasi**.

Setelah implantasi, dimulailah proses kehamilan, secara umum, kehamilan dibagi menjadi tiga trimester, yaitu **trimester pertama**, **trimester kedua**, dan **trimester ketiga**. Pada trimester pertama, blastula akan terus berkembang membentuk tiga lapisan, yaitu lapisan luar (**ektoderm**), lapisan tengah (**mesoderm**), dan lapisan dalam (**endoderm**). Tahap ini disebut **gastrulasi**.

Setelah itu, zigot akan mengalami **organogenesis**, yaitu proses pembentukan berbagai organ tubuh dari masing-masing lapisan. Ektoderm akan membentuk sistem saraf, kulit, mata, dan hidung. Mesoderm akan membentuk tulang, otot, jantung, pembuluh darah, ginjal, limfa, dan organ reproduksi. Endoderm akan membentuk organ-organ pernapasan dan pencernaan. Blastula yang mengalami organogenesis membentuk **embrio**. Embrio tersebut mendapatkan nutrisi dari endometrium melalui **plasenta**.

Pada trimester pertama, embrio akan merangsang kelenjar-kelenjar dalam dinding uterus untuk memproduksi hormon-hormon reproduksi. Salah satu hormon yang diproduksi, adalah *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG). Hormon ini berfungsi merangsang corpus luteum untuk menghasilkan hormon estrogen dan progesteron. Kedua hormon tersebut akan menyebabkan dinding uterus tetap tebal yang berguna sebagai

implantasi dan memelihara janin. Pada trimester pertama, kadar HCG dari dalam darah ibu sangat tinggi sehingga sebagian di antaranya diekskresikan bersama urine. Adanya HCG di dalam urine dapat dipakai sebagai indikator dalam uji kehamilan.

Pada trimester kedua, embrio tumbuh secara cepat dan aktif mencapai ukuran sekitar 30 cm. Embrio atau janin akan aktif bergerak pada trimester kedua ini. Pada periode ini, hormon HCG akan stabil dan plasenta akan menyekresikan sendiri progesteron untuk menjaga kehamilan.

Pada trimester ketiga, janin akan tumbuh mencapai berat sekitar 3–3,5 kg dan panjang sekitar 50 cm. Pada periode ini, perut ibu akan kelihatan sangat membesar.

5. Kelahiran

Kehamilan berlangsung sekitar 9 bulan 10 hari. Janin setelah mencapai usia tersebut akan siap untuk dilahirkan. Proses kelahiran diawali dengan meningkatnya hormon estrogen. Meningkatnya hormon estrogen ini akan meningkatkan kemampuan otot-otot uterus untuk berkontraksi. Selama minggu terakhir kehamilan, hormon estrogen meningkat secara pesat. Otot-otot uterus pun dipengaruhi oleh hormon oksitosin.

Kontraksi otot-otot uterus akan menekan kepala bayi menuju serviks (leher rahim). Akibatnya, serviks akan merenggang sehingga bayi keluar dari uterus. Secara bersamaan, kontraksi tersebut akan mendorong bayi menuju vagina dan akhirnya keluar dari tubuh ibu.

Pada saat kelahiran (**Gambar 9.8**), bayi masih terhubung dengan plasenta melalui tali pusar. Ketika masih berada di dalam uterus, janin tidak perlu bernapas. Akan tetapi, setelah keluar, bayi akan mulai bernapas.



Sumber: *Biology*, 1998

Gambar 9.8
Proses kelahiran bayi

Air susu ibu atau ASI lebih banyak diproduksi setelah bayi lahir karena hormon prolaktin lebih aktif. Kelenjar susu dipengaruhi oleh hormon estrogen dan progesteron.

Kolostrum, cairan kuning yang disintesis dan disimpan oleh kelenjar mammae mulai dari bulan keempat atau kelima kehamilan, akan menjadi makanan pertama bagi bayi. Kolostrum kaya akan kandungan antibodi ibu, menjaga bayi dari infeksi. Kandungan proteinnya yang tinggi juga membantu mencegah diare pada bayi. Beberapa hari setelah kelahiran, bayi yang menyusui dikombinasikan dengan hormon prolaktin merangsang sintesis ASI sebenarnya dalam payudara ibu.

Keunggulan dan manfaat menyusui dapat dilihat dari beberapa aspek, yaitu aspek gizi, aspek imunologik, aspek psikologi, aspek kecerdasan, neurologis, ekonomis, dan aspek penundaan kehamilan.

Tabel 9.1 Manfaat ASI

Aspek	Kandungan	Manfaat
Gizi Kolostrum	Immunoglobulin A; protein, vitamin A; karbohidrat; lemak rendah dan air	Kekebalan tubuh yang cukup, membantu mengeluarkan mekonium (kotoran bayi pertama)
ASI	Gizi yang sesuai dan berkualitas tinggi; perbandingan whey dan casein 65 : 35; taurin; DHA (<i>Decosahexanic Acid</i>); AA (<i>Arachidonic Acid</i>)	Pertumbuhan dan kecerdasan bayi, lebih mudah dicerna dibandingkan susu sapi
Imunologik	Ig.A; Laktoferin; Lysosim; sel darah putih, yakni <i>Bronchus Asociated Lymphocyte</i> (BALT)/antibodi saluran pernapasan dan <i>Mammary Asociated Lymphocyte Tissue</i> (MALT)/antibodi jaringan payudara ibu; faktor bifidus	Kekebalan tubuh bayi, menjaga keasaman flora usus bayi, dan menghambat pertumbuhan bakteri merugikan
Aspek	Manfaat	
Psikologik	Rasa percaya diri ibu menyusui, kasih sayang terhadap bayi, interaksi antara ibu dan bayi, rasa aman dan kehangatan ibu memberi kepuasan bagi bayi	
Kecerdasan	Interaksi ibu-bayi dan nilai gizi ASI mengoptimalkan perkembangan sistem saraf bayi dan meningkatkan kecerdasan. Penelitian menunjukkan bahwa IQ bayi yang diberi ASI memiliki IQ 4,3 poin lebih tinggi pada usia 18 bulan, 4-6 poin lebih tinggi pada usia 3 tahun, dan 8,3 poin lebih tinggi pada usia 8,5 tahun dibandingkan bayi yang tidak diberi ASI	
Neurologis	Dengan menyusui, koordinasi saraf menelan, mengisap, dan bernapas bayi dapat lebih sempurna	
Ekonomis	Dengan memberikan ASI eksklusif, ibu tidak perlu mengeluarkan biaya makanan bayi sampai bayi berumur 6 bulan	
Penundaan kehamilan	Memberikan ASI eksklusif dapat menunda haid dan kehamilan. Dapat digunakan sebagai kontrasepsi alamiah yang dikenal sebagai Metode Amenorea Laktasi (MAL)	

Sumber: Buku Panduan Manajemen Laktasi: Dit. Gizi Masyarakat-Depkes RI, 2001

6. Gangguan dan Penyakit pada Sistem Reproduksi Manusia

Seperti halnya sistem-sistem tubuh lainnya, sistem reproduksi pada manusia dapat mengalami gangguan dan penyakit. Gangguan dan penyakit tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, seperti tumor, infeksi virus atau bakteri, serta kelainan fisiologis pada organ reproduksi. Berikut akan dijelaskan beberapa contoh gangguan dan penyakit pada sistem reproduksi manusia.

- a. Endometriosis merupakan gangguan akibat adanya jaringan endometrium dari luar rahim (uterus). Kelainan ini berupa tumbuhnya jaringan endometrium pada ovarium, usus besar ataupun kandung kemih. Endometriosis menyebabkan sakit pada saat menstruasi.
- b. Impotensi, merupakan ketidakmampuan penis untuk ereksi atau mempertahankan ereksi. Gangguan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti gangguan produksi hormon testosteron, penyakit diabetes mellitus, kecanduan alkohol, dan gangguan sistem saraf.
- c. Prostatitis, merupakan peradangan pada kelenjar prostat. Peradangan kelenjar prostat ini dapat diikuti oleh peradangan uretra. Penderita prostatitis memiliki gejala-gejala seperti sakit saat buang air kecil.
- d. Infertilitas, merupakan ketidakmampuan untuk menghasilkan keturunan. Pada pria, infertilitas diartikan ketidakmampuan sperma untuk membuahi ovum. Infertilitas dapat disebabkan oleh gangguan spermatogenesis dan oogenesis, tersumbatnya saluran sperma, tersumbatnya tuba Fallopi, dan gangguan pada rahim.

- e. Kanker serviks, merupakan kanker pada bagian serviks wanita, banyak menyerang wanita di atas umur 40 tahun. Kanker serviks disebabkan oleh infeksi virus herpes dan *human papilloma virus*.

Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan alat-alat reproduksi laki-laki.
2. Jelaskan proses pembentukan sperma.
3. Jelaskan proses oogenesis.
4. Kapanakah kehamilan terjadi?

B. Sistem Reproduksi pada Tumbuhan

Tumbuhan dapat bereproduksi secara **aseksual (vegetatif)** dan **seksual (generatif)**. Keduanya memiliki mekanisme dan keuntungan yang berbeda. Apakah perbedaan reproduksi secara vegetatif dan generatif?

1. Reproduksi secara Vegetatif

Reproduksi secara vegetatif diartikan sebagai pembentukan individu baru tanpa adanya peleburan antara gamet jantan dan betina. Pada tumbuhan, reproduksi vegetatif merupakan pembentukan tumbuhan baru hanya dari satu induk.

Tumbuhan baru dapat tumbuh dari induk tumbuhan yang berbeda. Tumbuhan baru tersebut dapat tumbuh dari akar, batang, bahkan daun sekalipun. Karena hanya berasal dari satu induk, tumbuhan baru tersebut akan sama dengan induknya secara genetis. Reproduksi secara vegetatif dibagi menjadi dua, yaitu **reproduksi vegetatif alami** dan **reproduksi vegetatif buatan**.

a. Reproduksi Vegetatif Alami

Reproduksi vegetatif alami terjadi tanpa adanya campur tangan manusia. Rizom, stolon, kormus, umbi batang, dan bulbus (umbi lapis) merupakan struktur batang yang dapat tumbuh menjadi tumbuhan baru.

Rizom merupakan batang yang tumbuh mendatar (lateral) di bawah tanah. Dari batang yang mendatar tersebut akan muncul akar dan batang baru menjadi individu baru. Contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan rizom adalah jahe (*Zingiber officinale*).

Stolon adalah batang yang mendatar di atas tanah dari batang utama. Dari batang tersebut akan muncul akar dan tunas baru sehingga tumbuh menjadi individu baru. Contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan stolon adalah stroberi (*Fragaria vesca*).

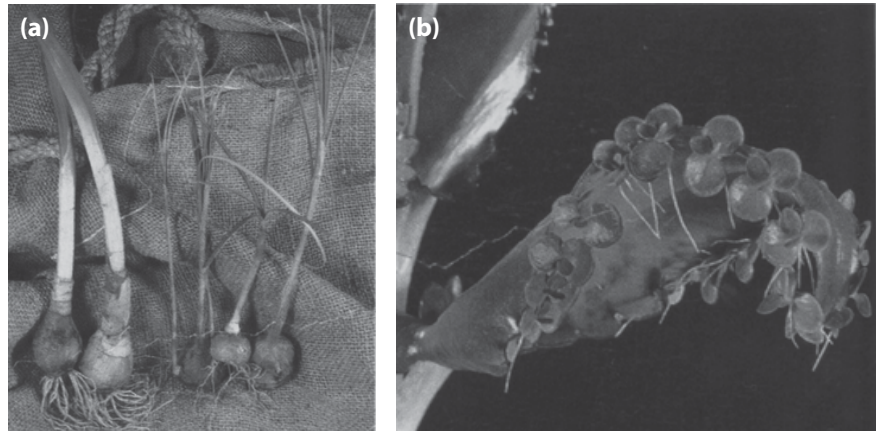
Kormus merupakan batang yang tumbuh di dalam tanah. Gladiol dan tulip adalah contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan kormus.

Tuber (umbi batang) adalah bentuk modifikasi batang yang dapat tumbuh menjadi individu baru. Dari tuber akan tumbuh “mata” atau tunas baru yang dapat tumbuh menjadi individu baru. Contoh tumbuhan yang bereproduksi dengan tuber (umbi batang) adalah kentang (*Solanum tuberosum*).

Pada bulbus (umbi lapis), tunas akan muncul pada setiap lapisan umbi. Tunas tersebut akan tumbuh ke arah samping dari tubuh induk. Tunas baru tersebut akan tumbuh menjadi individu baru. Contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan bulbus adalah bawang merah (*Allium ascalonicum*) dan bawang putih (*Allium sativum*).

Kata Kunci

- Reproduksi generatif
- Reproduksi vegetatif



Gambar 9.9
Vegetatif alami dengan (a) kormus
dan (b) tunas adventif.

Sumber: *Essentials of Biology*, 1998

Selain batang, daun pun dapat termodifikasi untuk tumbuh menjadi individu baru. Pada cocor bebek (*Kalanchoe daigremontiana*), dari ujung daunnya akan tumbuh tunas adventif yang akan tumbuh akar baru sehingga tumbuh menjadi satu individu baru.

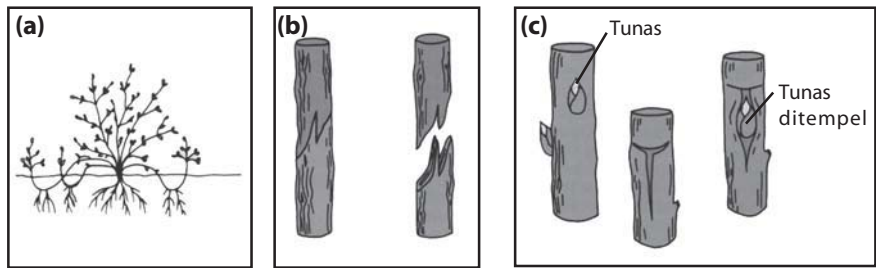
b. Reproduksi Vegetatif Buatan

Reproduksi ini terjadi karena adanya campur tangan manusia. Pada umumnya, tumbuhan hasil reproduksi vegetatif lebih cepat pertumbuhannya daripada melalui biji. Beberapa teknik reproduksi vegetatif buatan yang biasa dilakukan oleh manusia, antara lain setek, merunduk, dan menempel (okulasi) (**Gambar 9.10**).

Setek merupakan teknik reproduksi vegetatif buatan yang paling mudah dilakukan. Pada teknik ini, daun dan batang dipotong dan diletakkan di air atau ditanam di dalam tanah. Dari potongan batang atau daun tersebut akan tumbuh akar sehingga tumbuh menjadi individu baru.

Pada teknik merunduk, akar akan tumbuh dari batang yang masih terhubung dengan tumbuhan induk. Pada teknik ini, cabang dari tumbuhan dibengkokkan sehingga menyentuh tanah. Cabang yang menyentuh tanah tersebut ditutupi oleh tanah. Dari cabang yang ditutupi tanah tersebut akan tumbuh akar. Individu baru dapat diperoleh dengan cara memotong cabang tersebut.

Pada teknik menempel (okulasi), tunas dari satu tumbuhan ditempelkan ke tumbuhan lainnya. Kulit kayu tumbuhan yang akan ditempel tunas diiris membentuk huruf T. Tunas akan tumbuh menjadi batang. Bagian tumbuhan di atas tunas baru tersebut harus dipotong agar bagian tunas tersebut menjadi ujung meristem dari tumbuhan tersebut.



Gambar 9.10
Vegetatif buatan dengan cara
(a)merunduk, (b) menyambung, dan
(c) menempel (okulasi).

Sumber: *Heath Biology*, 1985



Aktivitas Biologi 9.1

Pertumbuhan Setek

Tujuan

Mengamati pertumbuhan setek

Alat dan Bahan

1. Tanaman dikotil dan monokotil
2. Tanah
3. Sekam padi

Langkah Kerja

1. Potonglah cabang atau ranting tanaman dikotil (misalnya, mangga) dan monokotil (misalnya, tebu) yang tidak terlalu muda dan tidak terlalu tua masing-masing tiga potong dengan panjang sekitar 20 cm.
2. Tanamlah tiap potongan tersebut ke dalam media campuran antara tanah dan sekam padi dengan perbandingan 2:1.
3. Letakkan cabang tumbuhan tersebut di tempat yang terlindung dari sinar matahari langsung dan usahakan tanah tetap lembap. Biarkan selama dua minggu.

Pertanyaan

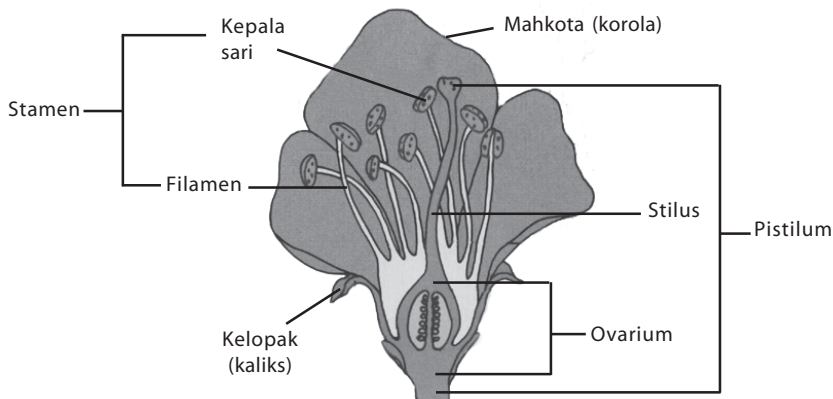
1. Cabang dari tumbuhan manakah yang tumbuh tunas? Cabang dari tumbuhan manakah yang tidak tumbuh tunas, atau bahkan mati? Mengapa demikian?
2. Faktor-faktor apa sajakah yang memengaruhi pertumbuhan setek tanaman? Diskusikan hasil temuan Anda bersama teman-teman.

2. Reproduksi Secara Generatif

Reproduksi generatif merupakan pembentukan individu baru dengan adanya peleburan antara gamet jantan dan gamet betina. Reproduksi generatif dapat terjadi pada tumbuhan biji terbuka (**Gymnospermae**) maupun tumbuhan berbunga (**Angiospermae**). Pada bahasan kali ini, akan diterangkan reproduksi generatif pada Angiospermae saja.

Organ reproduksi Angiospermae adalah **bunga**. Bunga dapat dibedakan menjadi **bunga lengkap** dan **bunga tidak lengkap**. Bunga lengkap terdiri atas kelopak (**kaliks**), mahkota (**korola**), benang sari (**stamen**) dan putik (**pistilum**). Benang sari disusun oleh kepala sari (**antera**) dan tangkai benang sari (**filamen**). Adapun putik (**pistilum**) terdiri atas kepala putik (**stigma**), tangkai putik (**stilus**), dan ovarium (**Gambar 9.11**).

Bunga tidak lengkap adalah bunga yang tidak memiliki salah satu atau lebih dari bagian-bagian bunga. Misalnya, bunga yang tidak memiliki kelopak bunga atau mahkota bunga.



Sumber: Heath Biology, 1985



Fakta Biologi

Tumbuhan dengan bunga terbesar adalah *Rafflesia*. Bunganya dapat mencapai diameter 1 meter lebih.

Sumber: Science Library: Plants, 2004

Kata Kunci

- Benang sari
- Bunga
- Pistilum

Gambar 9.11

Struktur bunga sebagai alat perkembangbiakan pada Angiospermae.

Tugas Anda 9.1

Kumpulkanlah beberapa jenis bunga dari halaman sekitar rumah Anda. Usahakan Anda mendapatkan lebih dari tiga jenis bunga. Amati dan identifikasi bunga yang telah Anda kumpulkan tersebut. Identifikasi bagian-bagian bunga tersebut secara lengkap, baik itu mahkota, kelopak, benang sari, dan putik. Masukkan hasil identifikasi Anda ke dalam tabel. Kemudian, buatlah sebuah laporan mengenai bagian-bagian pada berbagai jenis bunga.

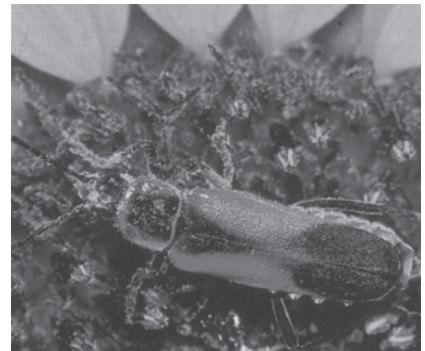
a. Penyerbukan (Polinasi)

Polinasi adalah proses melekatnya polen dari kepala satu bunga ke kepala putik bunga lain. Terdapat dua macam polinasi, yaitu penyerbukan silang (*cross pollination*) dan penyerbukan sendiri (*self pollination*). Penyerbukan silang terjadi apabila serbuk sari yang melekat pada kepala putik berasal dari bunga lain. Adapun penyerbukan sendiri terjadi apabila serbuk sari berasal dari bunga itu sendiri.

Beberapa tumbuhan memerlukan bantuan atau perantara dalam melakukan penyerbukan. Berdasarkan perantaranya, penyerbukan dibagi menjadi **anemogami** (bantuan angin), **hidrogami** (bantuan air), dan **zoodiogami** (bantuan hewan) seperti **Gambar 9.12**.

Perantara penyerbukan disebut juga **polinator**. Angin merupakan polinator secara acak. Angin tidak dapat diperkirakan ketika membawa polen dari suatu bunga. Tumbuhan yang penyerbukannya melalui angin menghasilkan jumlah polen yang sangat banyak.

Berbeda dengan angin, hewan merupakan polinator yang lebih efisien. Tumbuhan Angiospermae yang bergantung pada hewan menyediakan makanan untuk hewan tersebut. Kebanyakan hewan memakan polen. Pada saat hewan (khususnya serangga) berpindah dari satu bunga ke bunga lain, tanpa sengaja hewan tersebut membawa polen. Polen tersebut akan melekat pada kepala putik bunga lain tanpa disadari. Tumbuhan yang penyerbukannya melalui hewan, tidak menghasilkan polen yang banyak. Selain itu, tumbuhan jenis ini memiliki mahkota yang besar dan berwarna cerah untuk menarik perhatian serangga.



Gambar 9.12

Polinasi dengan bantuan hewan (zoodiogami).

Sumber: Heath Biology, 1985

b. Pembuahan (Fertilisasi)

Proses penyerbukan selesai setelah polen melekat pada stigma dari tumbuhan satu spesies. Senyawa kimia di dalam kepala putik (stigma) akan membuat perluasan pula sebagai tempat pertumbuhan polen. Kemudian, terbentuklah sel tabung (*pollen tube*) pada putik. Sel tabung ini akan menghubungkan stigma dengan ovarium. Pada ujung saluran tersebut terdapat inti. Inti generatif dari polen akan membelah secara



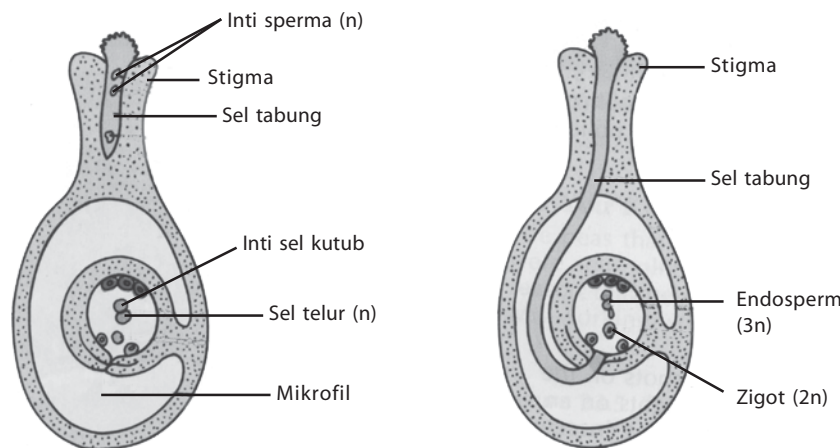
Sekilas Biologi

Beberapa tumbuhan, seperti anggrek lebah (*bee orchid*), dapat melakukan penyerbukan sendiri apabila tidak ada serangga yang hinggap. Anggrek lebah memiliki kelopak yang bentuk dan baunya menyerupai lebah betina. Hal tersebut berguna untuk menarik lebah jantan untuk hinggap. Akan tetapi, apabila tidak ada lebah yang hinggap, anggrek tersebut dapat menunduk untuk melakukan penyerbukan sendiri.

Sumber: Science Library: Plants, 2004

mitosis membentuk inti sel sperma yang haploid. Pada saat sel tabung mencapai **mikrofil**, ujung selnya akan mendorong dinding ovarium sehingga membuka. Inti sel tabung akan menghilang. Dua inti sel sperma akan membuahi inti sel pada ovarium (ovum).

Satu inti sel sperma akan membuahi sel telur, sedangkan satu inti sel sperma lainnya bergabung dengan inti sel kutub membentuk **endosperma** yang bersifat triploid (3n). Inti sel sperma yang membuahi sel telur berubah menjadi zigot yang kemudian menjadi embrio. Endosperma merupakan pemberi nutrisi bagi embrio. Embrio dan endosperma akan membentuk biji. Proses pembuahan tersebut merupakan proses **pembuahan ganda** karena terjadi dua proses pembuahan, yaitu pembuahan sel telur dan sel kutub.



Gambar 9.13

Sumber: Heath Biology, 1985

Pembuahan ganda pada tumbuhan

Latihan Pemahaman Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Sebutkan macam-macam alat reproduksi vegetatif alami pada tumbuhan.
2. Sebutkan bagian-bagian organ reproduksi seksual pada tumbuhan Angiospermae.

Rangkuman

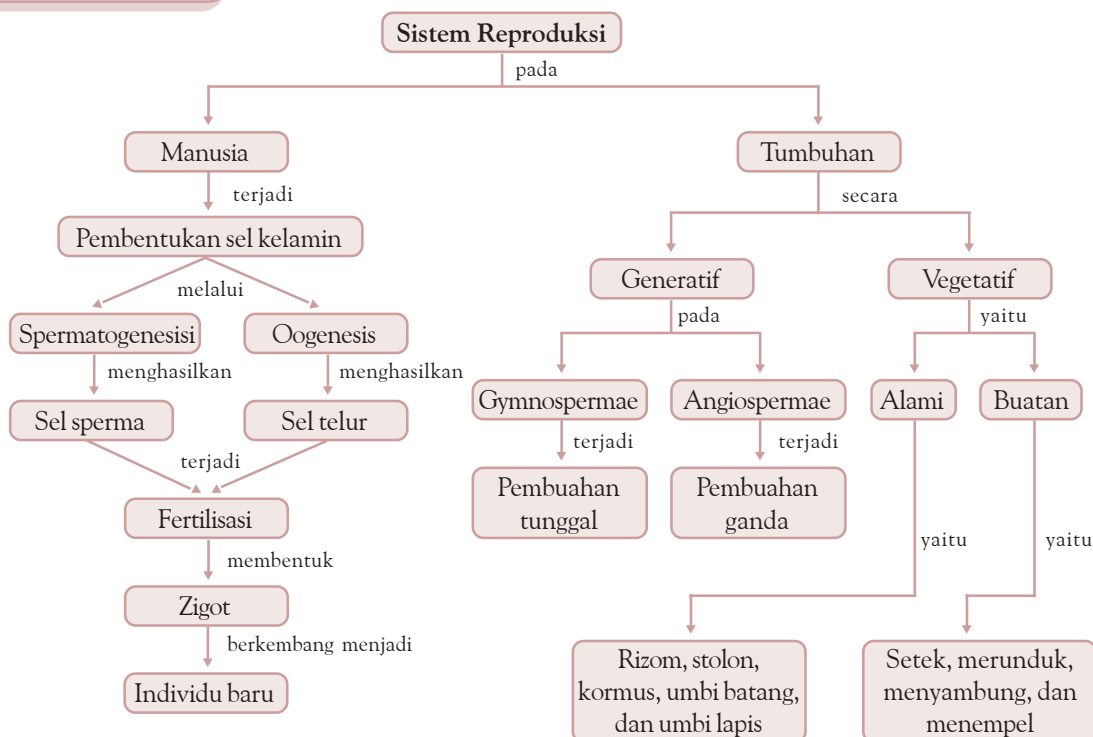
1. Sistem reproduksi berfungsi membentuk suatu individu baru untuk kelanjutan generasi suatu spesies makhluk hidup. Pada hewan, terdapat dua jenis reproduksi, yaitu reproduksi aseksual dan reproduksi seksual. Reproduksi aseksual merupakan proses pembentukan individu baru tanpa melalui peleburan sel telur (ovum) dan sel sperma. Reproduksi seksual merupakan proses pembentukan individu baru melalui peleburan ovum dan sperma.
2. Pada manusia, sistem reproduksi didukung oleh organ-organ reproduksi. Organ reproduksi tersebut terbagi menjadi organ reproduksi pria dan organ reproduksi wanita.
3. Organ reproduksi pria dibagi dua, yaitu organ reproduksi bagian luar yang terdiri atas penis dan skrotum, sedangkan organ reproduksi bagian dalam terdiri atas testis, saluran pengeluaran dan kelenjar aksesoris.
4. Organ reproduksi wanita dibagi menjadi reproduksi bagian luar yang terdiri atas labia mayora dan labia minora, sedangkan organ reproduksi bagian dalam terdiri atas ovarium, tuba Fallopi, uterus, dan vagina.
5. Organ reproduksi pada pria menghasilkan sperma yang diproduksi oleh testis dan organ reproduksi. Pada wanita menghasilkan ovum yang diproduksi oleh ovarium.
6. Gametogenesis merupakan proses pembentukan gamet (sel kelamin). Gametogenesis dibagi menjadi dua, terdiri atas spermatogenesis, yaitu proses pembentukan gamet jantan (sperma) dan oogenesis, yaitu pembentukan gamet betina (ovum).
7. Menstruasi merupakan fase pada saat terjadi peluruhan dinding uterus yang menebal (endometrium). Menstruasi terjadi apabila tidak ada implantasi embrio pada endometrium. Fase menstruasi dipengaruhi oleh hormon estrogen dan progesteron.

8. Fertilisasi antara sperma dan ovum terjadi di oviduct. Fertilisasi akan menghasilkan zigot yang bersifat diploid. Zigot berkembang melalui pembelahan sel yang disebut morula, kemudian pembelahan berlanjut menjadi blastula dan berimplantasi di endometrium.
9. Proses kehamilan dimulai pada saat embrio implantasi di endometrium. Blastula akan terus berkembang menjadi gastrula, kemudian berkembang ke tahap organogenesis sampai janin memiliki organ yang lengkap. Proses kehamilan ini dipengaruhi oleh HCG yang dapat merangsang pengeluaran hormon estrogen dan progesteron.
10. Gangguan dan penyakit pada sistem reproduksi manusia dapat disebabkan oleh faktor tumor, infeksi virus, bakteri serta kelainan fisiologis pada organ

reproduksi. Gangguan pada sistem reproduksi tersebut contohnya endometriosis, impotensi, prostatitis, infertilitas dan kanker serviks.

11. Sistem reproduksi pada tumbuhan dapat terjadi secara vegetatif dan generatif.
12. Reproduksi vegetatif di bagi menjadi dua, yaitu reproduksi vegetatif alami yaitu terjadi tanpa campuran tangan manusia, contohnya, rizom, stolon, kormus, dan umbi. Adapun reproduksi vegetatif buatan terjadi dengan bantuan manusia, contohnya setek, merunduk, dan okulasi.
13. Reproduksi generatif pada tumbuhan terjadi melalui peleburan antara gamet jantan yang terdapat di benang sari, dan ovum yang terdapat di putik.

Peta Konsep



Refleksi

Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi **Sistem Reproduksi** ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda dapat memperbanyak tumbuhan di rumah Anda dengan cara merunduk atau menempel (okulasi) secara mandiri. Dapatkah Anda menyebutkan manfaat yang lainnya.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses yang meliputi pembentukan sel kelamin, ovulasi,

menstruasi, fertilasi, kehamilan, dan pemberian ASI serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem reproduksi manusia. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.



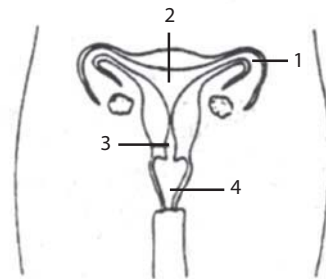
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

- Suatu proses reproduksi melalui peleburan sel telur dan sel sperma disebut
 - reproduksi asexual
 - reproduksi seksual
 - reproduksi tunggal
 - reproduksi ganda
 - reproduksi vegetatif
- Pembentukan sperma terjadi di
 - vas deferens
 - epididimis
 - penis
 - tubulus seminiferus
 - uretra
- Organ yang berperan menyampaikan sel-sel sperma ke dalam organ reproduksi wanita adalah
 - skrotum
 - uretra
 - epididimis
 - testis
 - penis
- Testis merupakan organ reproduksi yang berfungsi menghasilkan
 - sperma dan ovum
 - sperma dan urine
 - sperma dan hormon
 - hormon dan enzim
 - enzim dan sperma
- Setelah dibentuk di tubulus seminiferus, sperma akan disimpan di tempat penyimpanan yang disebut
 - vas deferens
 - epididimis
 - testis
 - uretra
 - skrotum
- Organ reproduksi wanita yang berfungsi menghasilkan ovum adalah
 - labia
 - vagina
 - uterus
 - ovarium
 - tuba Fallopi
- Selain menghasilkan ovum, ovarium pun dapat menghasilkan
 - hormon estrogen dan hormon testosteron
 - hormon estrogen dan hormon insulin
 - hormon estrogen dan hormon progesteron
 - hormon progesteron dan hormon prolaktin
 - hormon testosteron dan hormon insulin

- Urutan jalur yang dilalui oleh sperma pada organ reproduksi pria adalah
 - testis, vas deferens, vesika seminalis, uretra
 - testis, vas deferens, uretra, vesika seminalis
 - testis, vesika seminalis, vas deferens, uretra
 - testis, vesika seminalis, vas deferens, uretra
 - testis, uretra, vas deferens, vesika seminalis

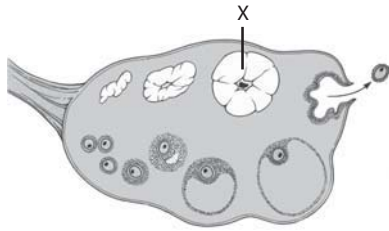
Untuk soal nomor 9–11, perhatikan gambar berikut.



- Tempat perkembangan janin ditunjukkan oleh nomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Tempat terjadinya fertilisasi ditunjukkan oleh nomor
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Bagian yang selalu basah oleh lendir yang dihasilkan kelenjar Bartholin adalah
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Pada spermatogenesis, sel yang memiliki kromosom haploid (n) adalah
 - spermatogonium dan spermatid
 - spermatisit sekunder dan spermatid
 - spermatogonium dan spermatisit sekunder
 - spermatisit primer dan spermatisit sekunder
 - spermatisit primer dan spermatid
- Proses pelepasan sel telur oleh ovarium disebut
 - oogenesis
 - spermatogenesis

- c. ovulasi
- d. fertilisasi
- e. ereksi

14. Perhatikan gambar ovarium berikut.



Bagian yang ditunjukkan oleh huruf X disebut

- a. ovum
 - b. tuba Fallopi
 - c. ovulasi
 - d. oviduct
 - e. copus luteum
15. Dinding uterus yang menebal disebut
- a. corpus luteum
 - b. oviduct
 - c. endometrium
 - d. ovarium
 - e. tuba Fallopi
16. Hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) berfungsi
- a. merangsang corpus luteum untuk menghasilkan estrogen dan progesteron
 - b. merangsang pengeluaran air susu
 - c. memberi nutrisi pada janin

- d. merangsang terjadinya ovulasi
- e. merangsang proses kelahiran

17. Hormon yang berfungsi merangsang pembentukan air susu adalah
- a. estrogen
 - b. progesteron
 - c. prolaktin
 - d. testosteron
 - e. insulin
18. Urutan perkembangan sel telur yang sudah dibuahi adalah
- a. zigot, morula, blastula, gastrula
 - b. zigot, morula, gastrula, blastula
 - c. zigot, gastrula, blastula, morula
 - d. zigot, blastula, morula, gastrula
 - e. zigot, gastrula, morula, blastula
19. Organ reproduksi pada tumbuhan Angiospermae adalah
- a. stolon
 - b. rizom
 - c. kormes
 - d. bunga
 - e. daun
20. Embrio pada tumbuhan merupakan hasil fertilisasi antara inti generatif dengan
- a. sinogir
 - b. ovum
 - c. antipoda
 - d. mikropil
 - e. inti sel kutub

B. Soal Uraian

1. Jelaskan organ reproduksi pada pria beserta fungsinya.
2. Jelaskan tiga kelenjar aksesoris pada organ reproduksi pria.
3. Jelaskan secara singkat mengenai spermatogenesis dan organogenesis.
4. Apa yang dimaksud dengan menstruasi? Hormon apa saja yang memengaruhinya?

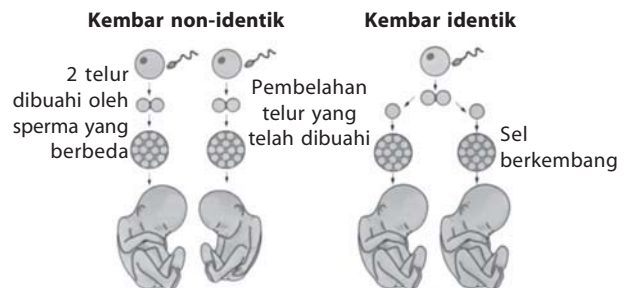
5. Perhatikan gambar bunga berikut.



Sebutkan nama organ yang diberi nomor beserta fungsinya.

C. Soal Tantangan

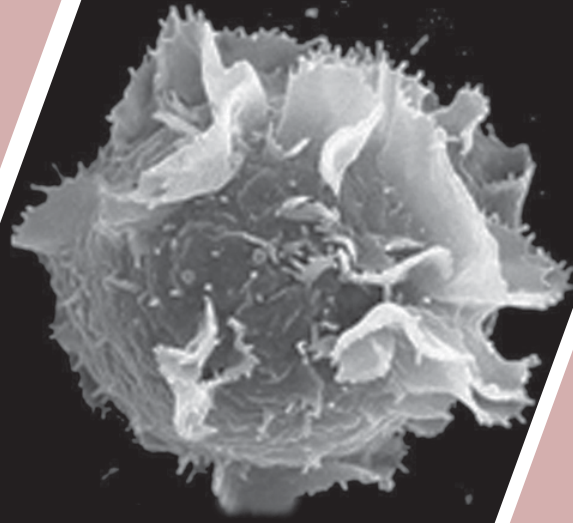
1. Jelaskan beberapa perubahan pada laki-laki dan perempuan saat mencapai usia pubertas, baik itu secara fisik maupun fisiologis.
2. Apabila blastosit membelah menjadi empat bagian yang sama dan berkembang secara terpisah, apa yang akan terjadi?
3. Apakah Anda pernah melihat orang kembar? Apakah Anda dapat membedakannya? Berdasarkan prosesnya, terdapat dua jenis kembar, yaitu kembar identik dan kembar non-identik. Perhatikan gambar berikut.



Sumber: *Biology for You*, 2002

- a. Jelaskan proses terjadinya kembar identik dan kembar non-identik
- b. Apakah perbedaan di antara keduanya?
- c. Kembar jenis manakah yang memiliki banyak persamaan sifat di antara keduanya?

Bab 10



Sumber: www.nanopicoftoday.org

Limfosit T termasuk ke dalam sistem pertahanan tubuh spesifik.

Pertahanan Tubuh

Hasil yang harus Anda capai:

menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan dan/atau penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

menjelaskan mekanisme pertahanan tubuh terhadap benda asing berupa antigen dan bibit penyakit.

Pernahkan Anda terserang flu? Apakah Anda pernah bersin karena debu atau kotoran? Flu, demam, dan bersin merupakan salah satu mekanisme pertahanan tubuh. Tubuh kita dapat terserang penyakit akibat masuknya penyakit, baik itu melalui kulit, makanan, ataupun udara.

Pada bab sebelumnya, Anda telah mempelajari struktur kulit. Kulit merupakan lapisan penutup seluruh tubuh makhluk hidup. Salah satu fungsi kulit yaitu melindungi tubuh dari faktor luar, seperti benturan, tekanan, bahkan bibit penyakit. Oleh karena itu, kulit termasuk ke dalam salah satu sistem pertahanan tubuh.

Pada bab ini, Anda akan mempelajari sistem pertahanan tubuh dari benda asing. Bagaimana mekanisme pertahanan tubuh manusia? Dapatkan sistem pertahanan tubuh mengalami gangguan? Setelah mempelajari bab ini, Anda akan dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut. Selamat belajar.

- A. Sistem Pertahanan Tubuh**
- B. Respons Kekebalan Tubuh**
- C. Kekebalan Tubuh dan Kesehatan**

Tes Kompetensi Awal

1. Apakah fungsi imunisasi?
2. Menurut Anda, organ apa sajakah yang termasuk ke dalam sistem pertahanan tubuh?

A. Sistem Pertahanan Tubuh

Tahukah Anda, apa yang dilakukan sebuah negara ketika para penyelundup menyerang dan membuat kacau? Semua daerah di negara tersebut akan bersatu membuat sistem pertahanan diri terhadap serangan para penyelundup.

Keterangan di atas merupakan suatu analogi mengenai kondisi tubuh kita apabila mendapat serangan dari luar. Apa sajakah serangan dari luar terhadap tubuh kita? Perlu Anda ketahui, setiap hari jutaan bakteri, mikroba, virus, dan parasit berusaha masuk ke dalam tubuh. Untuk mengatasinya, tubuh kita memiliki pertahanan yang berlapis-lapis. Sistem pertahanan yang berlapis-lapis ini penting untuk menghadapi serangan virus atau bakteri secara bertahap. Akan tetapi, adakalanya sistem pertahanan ini masih dapat ditembus oleh bibit penyakit sehingga muncul kondisi sakit.

Pada umumnya, sistem pertahanan tubuh digolongkan menjadi dua, yaitu sistem pertahanan tubuh nonspesifik dan sistem pertahanan tubuh spesifik (Tabel 10.1). Apakah perbedaan keduanya?

Kata Kunci

- Pertahanan tubuh nonspesifik
- Pertahanan tubuh spesifik

Tabel 10.1 Sistem Pertahanan Tubuh Nonspesifik dan Spesifik

Mekanisme Pertahanan Nonspesifik		Mekanisme Pertahanan Spesifik
Garis Pertahanan Pertama	Garis Pertahanan Kedua	Garis Pertahanan Ketiga
<ul style="list-style-type: none">• Kulit• Membran mukosa• Sekresi dari kulit dan membran mukosa	<ul style="list-style-type: none">• Sel darah putih fagositik• Protein antimikroba• Respons peradangan	<ul style="list-style-type: none">• Limfosit• Antibodi

1. Sistem Pertahanan Tubuh Nonspesifik

Adakalanya benda asing ataupun mikroba yang tidak dikehendaki memasuki tubuh kita. Jika hal tersebut terjadi, tubuh akan menganggap benda yang masuk itu sebagai benda asing atau antigen. Benda asing tersebut dapat berupa patogen, yaitu mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit. Sistem pertahanan tubuh nonspesifik merupakan sistem pertahanan tubuh yang tidak membedakan mikroorganisme patogen satu dengan yang lainnya.

a. Kulit dan Membran Mukosa

Sebelum masuk ke dalam tubuh, patogen harus menembus tubuh manusia. Kulit merupakan garis pertahanan pertama tubuh terhadap patogen. Kulit yang utuh terdiri atas epidermis yang tersusun atas sel-sel epitel yang sangat rapat. Kondisi ini menyulitkan mikroorganisme untuk



Fakta Biologi

Telapak kaki merupakan lapisan kulit yang paling tebal dari seluruh kulit di tubuh manusia, yaitu sekitar 5 mm.

Sumber: Science Library: Human Body, 2004

masuk ke dalam tubuh. Akan tetapi, jika kulit mengalami kerusakan sedikit saja, akan menyebabkan masuknya patogen seperti bakteri atau virus. Selain kulit, membran mukosa yang melapisi saluran pencernaan, saluran pernapasan, dan saluran kelamin dapat menghalangi masuknya mikroba yang berbahaya.

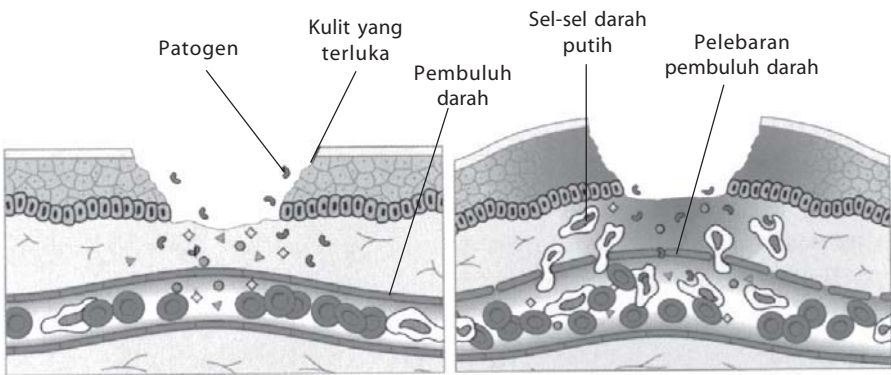
Selain pertahanan fisik, kulit dan membran mukosa dapat berfungsi sebagai pertahanan kimiawi. Sekresi dari kelenjar minyak dan kelenjar keringat akan memberikan suasana pH kulit antara 3–5. Kisaran pH tersebut mencegah kolonisasi mikroorganisme di kulit. Koloni mikroorganisme ini dapat pula dihambat oleh aktivitas air liur, air mata, dan sekresi mukosa yang membasahi permukaan epitelium. Sekresi tersebut mengandung salah satu protein pelindung, yaitu **lisozim**. Lisozim merupakan enzim yang dapat mencerna dinding sel dari banyak jenis bakteri atau dengan kata lain enzim pembunuh bakteri.

b. Sel-Sel Fagosit

Adakalanya garis pertahanan pertama dapat ditembus oleh patogen. Hal ini dapat terjadi karena adanya luka pada kulit. Jika hal ini terjadi, patogen yang masuk akan menghadapi garis pertahanan kedua. Garis pertahanan kedua ini bergantung pada **fagositosis**. Fagositosis merupakan peristiwa sel yang memakan sel atau benda lain, ini dilakukan oleh jenis sel darah putih tertentu. Perhatikan **Gambar 10.2**.

Sel darah putih (leukosit) terdiri atas **neutrofil**, **monosit**, dan **eosinofil**. Neutrofil merupakan sel darah terbanyak dalam leukosit, yaitu sekitar 70%. Neutrofil bekerja dengan cara memasuki jaringan yang terinfeksi, kemudian memakan dan merusak mikroba yang terdapat di sana. Sel-sel yang terinfeksi oleh mikroba akan mengeluarkan sinyal kimiawi sehingga menarik neutrofil untuk datang. Proses ini disebut dengan **kemotaksis**.

Monosit hanya menyusun sekitar 5% dari leukosit. Cara kerja monosit hampir sama dengan cara kerja neutrofil. Perbedaannya, monosit akan berkembang menjadi **makrofag** setelah masuk ke dalam jaringan. Makrofag merupakan sel fagosit yang terbesar. Sel makrofag ini memiliki kaki semu (**pseudopodia**) yang panjang. Pseudopodia ini berfungsi melekatkan diri pada mikroba. Mikroba yang menempel pada pseudopodia ini akan ditelan oleh makrofag dan kemudian dirusak oleh enzim-enzim lisosom makrofag.

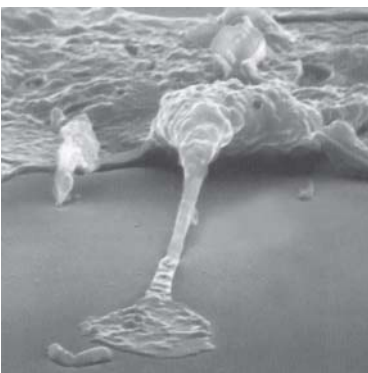


Sumber: Human Body, 2002



Sumber: www.scf-online.com

Gambar 10.1
Kulit merupakan sistem pertahanan nonspesifik yang pertama.



Sumber: Biology: Exploring Life, 1994

Gambar 10.2
Fagositosis bakteri oleh makrofag.

Kata Kunci

- Fagositosis
- Makrofag

Gambar 10.3
Mekanisme sel darah putih dalam melawan bakteri yang masuk.

Kata Kunci

Protein antimikroba

Eosinofil bekerja dengan melawan parasit yang berukuran lebih besar, seperti cacing darah. Eosinofil dapat melepaskan enzim-enzim untuk merusak dinding eksternal dari parasit.

c. Protein Antimikroba

Salah satu cara pertahanan tubuh nonspesifik adalah protein antimikroba. Protein antimikroba disebut juga dengan **sistem komplemen**. Sistem komplemen ini terdiri atas 20 jenis protein. Protein tersebut normalnya dalam keadaan nonaktif. Akan tetapi, apabila ada mikroba yang masuk ke dalam tubuh, glikoprotein dari permukaan sel mikroba tersebut akan mengaktifkan sistem komplemen ini. Berikut ini adalah beberapa fungsi dari sistem komplemen yang telah aktif.

1. Menghasilkan opsonin, yaitu suatu zat yang dapat melekatkan mikroba dengan leukosit sehingga memudahkan fagositosis.
2. Menyebabkan pelepasan histamin oleh mastosit. Histamin menimbulkan vasodilatasi (pelebaran pembuluh darah) dan meningkatkan permeabilitas kapiler terhadap protein.
3. Menimbulkan suatu reaksi pada membran sel mikroba berupa munculnya lubang pada membran. Peristiwa ini dapat mematikan bagi mikroba.

Selain sistem komplemen, terdapat kumpulan protein sebagai pertahanan nonspesifik yang disebut **interferon**. Interferon ini diproduksi oleh sel-sel yang terinfeksi oleh virus. Kemudian, interferon tersebut akan berikatan dengan reseptor membran plasma pada sel-sel yang sehat. Sel-sel sehat yang telah terikat dengan interferon tersebut akan membentuk suatu protein antivirus. Interferon tertentu untuk langsung membunuh dan menghancurkan sel-sel yang terinfeksi virus.

d. Respons Peradangan (Inflamasi)

Respons peradangan terjadi ketika sel-sel pada jaringan rusak atau mati karena infeksi patogen. Reaksi atau respons tubuh terhadap kerusakan sel-sel tubuh yang disebabkan oleh infeksi dan gangguan lainnya disebut radang. Beberapa gejala dari radang adalah panas, bengkak, sakit, kulit merah, dan gangguan fungsi pada daerah tertentu. Apakah Anda pernah merasakan gatal pada kulit? Gatal merupakan salah satu bentuk dari peradangan.

Apakah Anda pernah mengalami demam? Demam merupakan suatu kondisi di mana suhu tubuh melebihi normal. Demam merupakan salah satu bentuk tanggapan tubuh terhadap radang. Racun yang dihasilkan oleh patogen dapat memicu terjadinya demam. Selain itu, leukosit tertentu dapat memproduksi molekul yang disebut **pirogen**. Pirogen ini dapat menyebabkan suhu tubuh menjadi tinggi. Suhu tubuh yang tinggi dapat membantu pertahanan tubuh dengan cara menghambat pertumbuhan beberapa mikroba. Selain itu, demam dapat memudahkan fagositosis dan mempercepat perbaikan jaringan.

2. Sistem Pertahanan Tubuh Spesifik

Sistem pertahanan tubuh spesifik merupakan pertahanan tubuh terhadap patogen tertentu yang masuk ke dalam tubuh. Sistem ini bekerja apabila patogen telah berhasil melewati sistem pertahanan tubuh



Sumber: www.fururu.net

Gambar 10.4

Demam merupakan salah satu bentuk tanggapan tubuh terhadap peradangan.

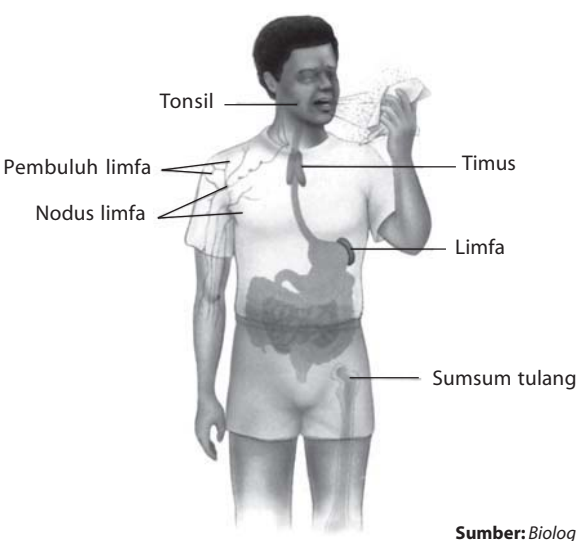
Logika Biologi

Untuk menurunkan panas sewaktu demam, terkadang Anda meminumkan obat penurun panas. Menurut Anda, baikkah penggunaan obat penurun panas saat terjadi reaksi peradangan (demam)?

nonspesifik. Sistem pertahanan tubuh spesifik ini biasa disebut dengan **sistem kekebalan tubuh** yang merupakan garis pertahanan ketiga dari tubuh.

Sistem kekebalan terdiri atas sel-sel yang tersebar di seluruh tubuh dan beberapa terkonsentrasi di sistem limfa. Sistem limfa ini mencakup timus, limfa, nodus limfa, sumsum tulang, dan tonsil. Untuk memahami sistem limfa, perhatikan **Gambar 10.5**.

Sel-sel yang paling utama di dalam sistem kekebalan adalah limfosit yang beredar di seluruh tubuh dan sistem limfa. Limfosit akan dibantu oleh makrofag yaitu sel fagosit terbesar yang berasal dari monosit. Limfosit dan makrofag akan beredar di seluruh tubuh untuk mengatasi benda asing yang masuk. Hal ini merupakan awal dari respons kekebalan.



Sumber: *Biology: Exploring Life*, 1994

Gambar 10.5
Sistem limfa manusia

a. Limfosit

Sistem kekebalan tubuh “dipersenjatai” oleh dua tipe sel limfosit, yaitu **limfosit B (sel B)** dan **limfosit T (sel T)**. Kedua tipe limfosit ini akan bekerja sama satu sama lain dan dengan makrofag. Akan tetapi, keduanya akan memberikan respons kekebalan tubuh yang berbeda.

1) Limfosit B

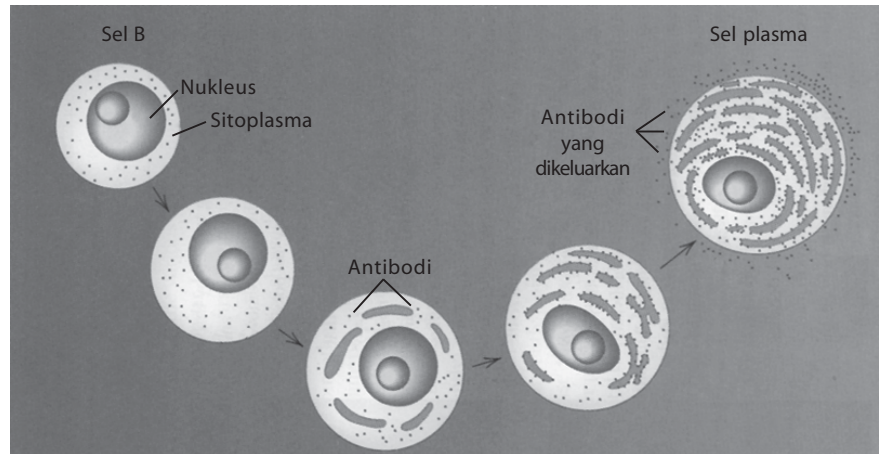
Ketika Anda sakit demam atau radang tenggorokan, sistem kekebalan tubuh akan merespons dengan menghasilkan molekul antibodi spesifik. Antibodi merupakan suatu protein yang dapat berikatan dengan antigen yang spesifik. Antibodi ini terlarut dalam darah dan beredar di seluruh tubuh untuk menghadapi patogen. Molekul antibodi tersebut merupakan protein yang disekresikan oleh **sel plasma**. Sel plasma ini dibentuk oleh limfosit B yang berada pada sumsum tulang.

Untuk memahami pembentukan antibodi oleh sel plasma, perhatikan **Gambar 10.6**. Secara umum, sel B akan mengenali benda asing (antigen) yang masuk ke dalam tubuh dan meresponsnya dengan cara menyekresikan molekul antibodi. Molekul antibodi tersebut akan menetralkan molekul-molekul antigen.

Setelah sel B menetralkan antigen, sebagian sel akan tetap berada di dalam tubuh. Sel-sel tersebut dinamakan sel memori. Sel memori ini berfungsi mengeluarkan antibodi apabila antigen dengan jenis yang sama masuk ke dalam tubuh lagi.

Kata Kunci

- Limfosit B
- Limfosit T



Gambar 10.6

Diferensiasi sel plasma penghasil antibodi dari sel B.

Sumber: *Biology: Exploring Life*, 1994

2) Limfosit T

Berbeda halnya dengan sel B yang berfungsi membuat antibodi, sel T bekerja dengan cara berinteraksi langsung dengan sel-sel lainnya. Sel T mampu mengenali sel yang terinfeksi oleh antigen yang masuk.

Sel T dapat dibedakan menurut fungsinya menjadi tiga bagian, yaitu:

a) Sel T sitotoksik

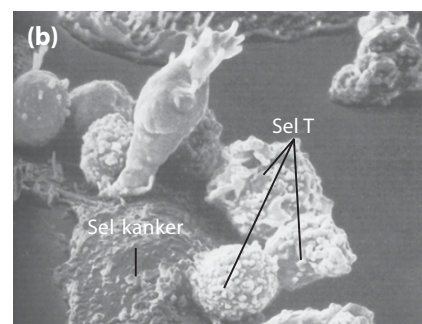
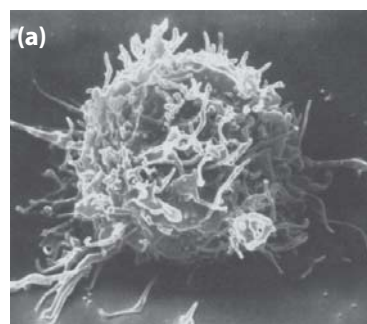
Sel T sitotoksik bekerja dengan cara membunuh sel yang terinfeksi. Sel T sitotoksik dapat membunuh virus, bakteri, dan parasit lainnya bahkan setelah masuk ke dalam sel inang. Sel T sitotoksik dapat berperan juga dalam penghancuran sel kanker.

b) Sel T pembantu

Sel T pembantu berperan sebagai pengatur, bukan pembunuh. Sel ini mengatur respons, kekebalan tubuh dengan cara mengenali dan mengaktifkan limfosit yang lain, termasuk sel B dan sel T sitotoksik.

c) Sel T supressor

Fungsi sel T supressor adalah mengurangi produksi antibodi oleh sel-sel plasma dengan cara menghambat aktivitas sel T pembantu dan mengurangi keaktifan dari sel T pembunuh. Dalam keadaan normal, sel ini berfungsi setelah infeksi mereda. Peran sel T supressor sangat penting karena antibodi dan sel T pembunuh yang terlalu aktif kemungkinan besar dapat merusak sel-sel tubuh yang sehat.



Gambar 10.7

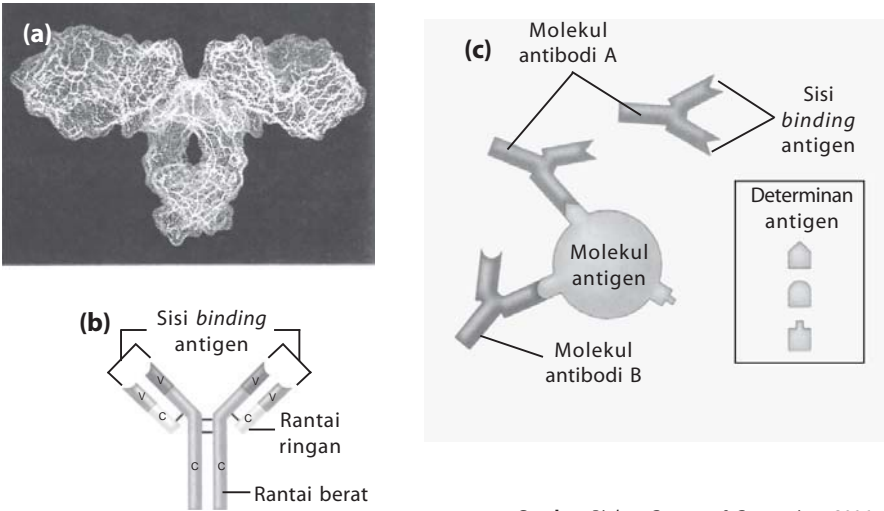
(a) Sel T sitotoksik dan (b) sel T sitotoksik sedang melawan sel kanker.

Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

b. Antibodi

Antibodi merupakan protein. Antibodi berikatan dengan protein yang lainnya (antigen) yang ditemukan di dalam tubuh. Molekul protein pada permukaan bakteri atau virus berperan sebagai antigen. Antibodi merupakan bagian yang berperan di dalam pertahanan tubuh.

Gambar 10.8 menunjukkan struktur dan fungsi dari antibodi. Perhatikan bahwa setiap antibodi memiliki dua tempat yang dapat bereaksi dengan antigen. Fungsi antibodi, yaitu berikatan dengan molekul antigen membentuk rangkaian seperti jaring.



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Antibodi dapat menghambat partikel-partikel virus. Untuk menginfeksi saluran sel, virus pertama-tama harus bisa mengenali sel inangnya. Protein dari virus mencocokkan bentuknya dengan molekul pada membran sel dari sel inang. Antibodi dapat menutupi protein dari virus agar virus tersebut tidak bisa menginfeksi sel.

Protein yang disebut interferon juga bekerja melawan virus. Interferon diproduksi oleh sel yang telah terinfeksi oleh virus. Interferon membuat sel-sel yang tidak terinfeksi menjadi resisten terhadap serangan virus.

Antibodi tersusun atas dua tipe rantai polipeptida yaitu **rantai ringan** (*light chain*) dan **rantai berat** (*heavy chain*). Struktur gabungan kedua rantai tersebut membentuk huruf Y. Di tengah-tengah ikatan rantai tersebut terdapat **daerah Hinge** (*Hinge Region*) yang memungkinkan rantai-rantai polipeptida untuk bergerak. Setiap lengan dari antibodi memiliki daerah pengikat antigen (*antigen-binding site*).

Antibodi dapat dibedakan berdasarkan susunan proteinnya menjadi lima kelas utama. Setiap antibodi berinteraksi dengan molekul dan sel yang berbeda-beda dan memiliki karakteristik yang berbeda pula.

Masing-masing antibodi memiliki daerah variabel (*variable region*) yang dapat mengenali antigen khusus dan daerah konstan (*constant region*) yang mengontrol bagaimana molekulnya berinteraksi dengan bagian lain dari sistem kekebalan tubuh. Untuk lebih jelasnya mengenai tipe-tipe antibodi, perhatikan **Tabel 10.2** berikut.

Tabel 10.2 Tipe-Tipe Antibodi

No.	Antibodi	Karakteristik
1.	IgM	Tipe pertama antibodi yang dihasilkan pada awal suatu infeksi; secara umum dilepaskan ke aliran darah
2.	IgG	Tipe antibodi paling banyak di peredaran darah; dapat masuk ke jaringan lain dengan mudah; diproduksi ketika terjadi infeksi serius

Kata Kunci

- Antibodi
- Sel T

Gambar 10.8

(a) Molekul antibodi yang digambarkan oleh grafik komputer, (b) struktur antibodi, dan (c) binding antibodi pada antigen determinan.



Sekilas Biologi

Paul Ehrlich
(1854–1915)



Pada 1908, Paul Ehrlich mendapat hadiah nobel atas karyanya tentang bagaimana pertahanan tubuh memerangi penyakit dan infeksi. Inilah yang disebut imunologi.

Sumber: *Jendela Iptek: Kehidupan*, 1997

3.	IgA	Ditemukan di dalam tubuh, termasuk keringat, air mata, air ludah; membantu dalam membentuk kekebalan pasif pada bayi
4.	IgD	Ditemukan di permukaan limfosit B; berperan dalam respons kekebalan tubuh
5.	IgE	Bekerja sama dengan reaksi alergi dan asma; ditemukan di permukaan histamin

Latihan Pemahaman Subbab A

Kerjakanlah dalam buku latihan Anda.

1. Jelaskan fungsi kulit sebagai alat pertahanan tubuh.
2. Apakah fungsi limfosit B?
3. Tuliskan tiga jenis limfosit T.
4. Jelaskan struktur antibodi.

B. Respons Kekebalan Tubuh

Sistem kekebalan dapat menghasilkan dua jenis respons terhadap antigen, yaitu **respons humoral** dan **respons selular**. Respons humoral atau kekebalan humoral melibatkan aktivitas sel B dan produksi antibodi yang beredar di dalam plasma darah dan limfa. Kekebalan humoral efektif melawan bakteri atau virus yang mencoba masuk ke dalam cairan tubuh. Adapun respons selular atau kekebalan selular melibatkan sel-sel yang bereaksi langsung terhadap sel-sel asing atau jaringan yang terinfeksi. Jenis kekebalan ini dapat secara langsung melawan sel-sel tubuh yang terinfeksi oleh bakteri atau virus. Akan tetapi, kekebalan selular ini berperan pula dalam pengenalan jaringan asing dan penolakan atas jaringan hasil transplantasi.

Secara umum, kekebalan humoral dan selular memberikan tiga fungsi utama sebagai berikut.

1. Pengenalan

Sistem kekebalan dapat mengenali benda asing (antigen) yang masuk ke dalam tubuh. Meskipun jenis patogen sangat beraneka ragam, sistem kekebalan dapat mengenali dan menyusun respon melawan semua jenis organisme secara spesifik.

2. Reaksi

Setelah mengenali antigen yang masuk, sistem kekebalan bereaksi dengan mempersiapkan respons humoral dan selular.

3. Pembuang

Sistem kekebalan dapat menghancurkan antigen yang masuk ke dalam tubuh. Penghancuran ini dapat dilakukan secara humoral melalui antibodi maupun secara selular, oleh limfosit T. Ketika sistem kekebalan bekerja secara efektif, antigen akan hancur dan dibuang.

Bagaimana mekanisme dari respons humoral maupun respons selular? Apakah perbedaannya? Simaklah penjelasan berikut.

1. Kekebalan Humoral

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, kekebalan humoral melibatkan aktivasi sel B dan produksi antibodi yang beredar di dalam plasma darah dan limfa. Antibodi yang beredar sebagai respons humoral, bekerja

Kata Kunci

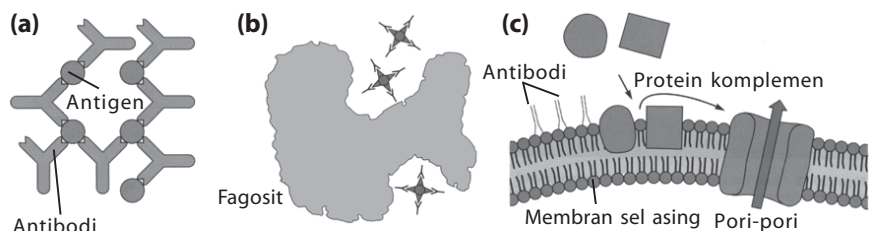
- Respons humoral
- Respons selular

melawan bakteri, virus, dan toksin yang ada di dalam cairan tubuh. Untuk melawan antigen, limfosit B dengan antibodi tertentu akan membelah dan berdiferensiasi menjadi dua bagian, yaitu **sel plasma** dan **sel B memori**. Sel plasma dapat memproduksi antibodi dengan kecepatan ± 120.000 molekul/menit, dengan umur sel plasma sekitar 5 hari.

Antibodi memiliki dua sisi ikatan (*binding site*) yang berbeda. Oleh karena itu, antibodi dapat membentuk suatu formasi ikatan (*crosslink*) terhadap antigen sehingga membentuk suatu ikatan kompleks. Antigen yang telah berikatan dengan antibodi, tidak dapat menginfeksi sel. Selain itu, antigen tersebut menjadi sasaran yang mudah bagi sel-sel fagosit untuk ditelan dan dihancurkan.

Untuk membuat respons ini lebih efektif, antibodi memberikan “instruksi” kepada molekul dan sel-sel lain di dalam tubuh untuk mengetahui adanya serangan. Apabila antigen tersebut berupa protein bebas, antibodi akan berikatan dengan antigen tersebut dan diekskresikan oleh ginjal. Adapun antigen yang berupa bakteri dan virus, antibodi akan memberi sinyal kimiawi untuk menarik sel-sel fagosit agar menghancurkannya.

Kemudian, beberapa antibodi akan mengaktifkan sejumlah protein dalam darah atau **protein komplemen**. Ketika protein komplemen ini bertemu dengan antibodi yang menempel pada permukaan sel, protein tersebut akan menempel pada membran sel dan membentuk pori-pori. Pori-pori ini akan membuat sel menjadi lisis (pecah).



Sumber: *Biology: Exploring Life*, 1994

Kontak pertama antara sel-sel B dengan antigen beserta reaksi dari sel-sel tersebut terhadap antigen yang masuk ke dalam tubuh disebut **respons kekebalan primer**. Pada respons kekebalan primer, dibutuhkan sekitar 10–17 hari bagi limfosit untuk membentuk respons yang maksimum. Pada waktu tersebut, sel-sel B akan berdiferensiasi menjadi sel plasma dan sel B memori. Kondisi ini dapat menyebabkan suatu individu menjadi sakit (contohnya demam). Akan tetapi, gejala penyakit tersebut akan hilang ketika antigen yang masuk ke dalam tubuh telah dibersihkan oleh antibodi dan sel T.

Apabila suatu individu terpapar lagi oleh antigen yang sama beberapa waktu kemudian, respons akan menjadi lebih cepat (2–7 hari) dengan respons yang lebih besar dan lama. Proses ini dinamakan dengan **respons kekebalan sekunder**. Konsep kekebalan ini sangat kita kenali di dalam kehidupan sehari-hari, contohnya apabila kita pernah terserang cacar air, kita tidak mungkin terkena penyakit itu lagi.

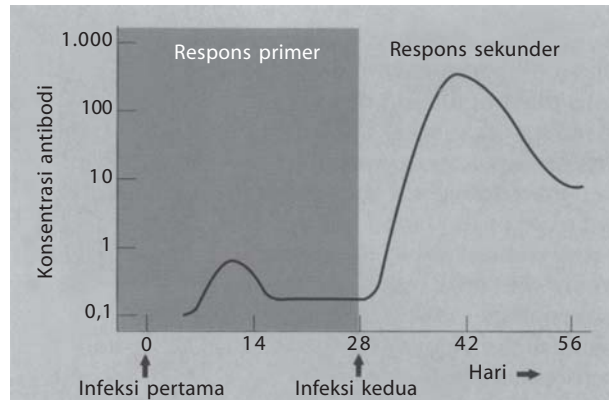
Kata Kunci

- Protein komplemen
- Sel B memori

Gambar 10.9

(a) Antibodi yang membentuk ikatan, (b) fagosit untuk menghancurkan antigen, dan (c) protein komplemen menempel dan membentuk pori-pori.

Gambar 10.10
Respons kekebalan primer dan kekebalan sekunder.



Sumber: Human Body, 2002

2. Kekebalan Selular

Kekebalan selular melibatkan sel-sel yang bereaksi langsung terhadap sel-sel asing atau jaringan yang terinfeksi. Kekebalan ini merupakan kekebalan yang ditunjang oleh sel T. Berbeda dengan sel B, sel T tidak memproduksi molekul antibodi. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, terdapat tiga jenis sel T yang berperan dalam kekebalan selular. Tiga jenis sel T tersebut yaitu sitotoksik, sel T pembantu, dan sel T supresor.

Ketika sel T sitotoksik kontak dengan antigen pada permukaan sel asing, sel T sitotoksik akan aktif untuk menyerang dan menghancurkannya dengan cara merusak membran sel asing. Adapun fungsi sel T supresor yaitu untuk menekan respons kekebalan dengan memperlambat laju pembelahan sel dan membatasi produksi antibodi. Proses ini berlangsung apabila infeksi telah berhasil ditangani.

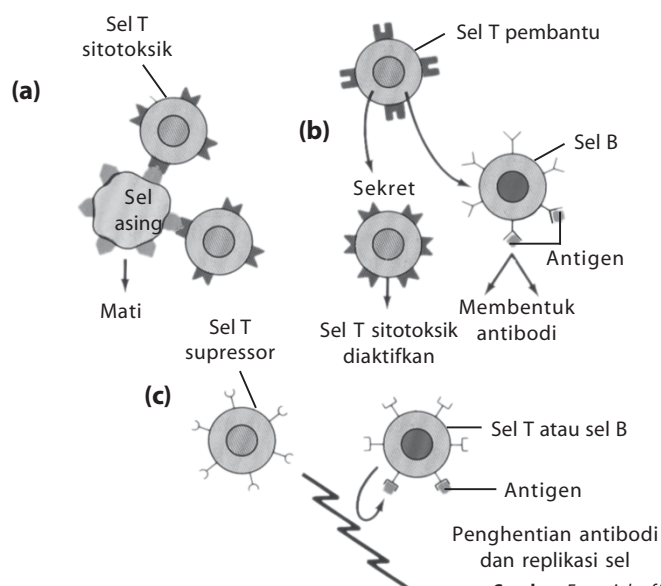
Selain itu, sel T lain yang berperan adalah sel T pembantu. Sel T pembantu ini berfungsi untuk menghasilkan sekret yang dapat merangsang sel B dan juga menghasilkan senyawa lain yang berfungsi dalam respons kekebalan. Perhatikan **Gambar 10.11**.

Logika Biologi

Teman Anda dibawa ke rumah sakit karena menderita alergi setelah disengat seekor lebah. Setelah dirawat dan diobati, teman Anda pulang dan bertanya kepada Anda (seorang ahli Biologi) untuk menjelaskan peristiwa yang terjadi. Teman Anda berkata bahwa dia pernah disengat oleh lebah sebelumnya, tetapi tidak menimbulkan reaksi alergi seperti sekarang. Berilah sebuah dugaan atau hipotesis untuk menjelaskan penyebab reaksi alergi tersebut dan mengapa teman Anda tidak mendapat reaksi alergi pada sengatan lebah sebelumnya.

Gambar 10.11

Mekanisme kekebalan yang dilakukan oleh (a) sel T sitotoksik, (b) sel T pembantu, dan (c) sel T supresor.



Sumber: Essentials of Biology, 1990

Kekebalan selular sangat penting dalam menghadapi infeksi oleh virus. Meskipun antibodi dapat menangkap partikel-partikel virus, antibodi tidak dapat menyerang virus yang telah masuk ke dalam sel. Sel

T sitotoksik dapat mendeteksi protein virus pada permukaan sel yang terinfeksi dan menghancurkannya sebelum virus tersebut bereplikasi dan menginfeksi sel-sel yang lain.

Latihan Pemahaman Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa jika kita pernah terserang cacar air, kita tidak mungkin terkena penyakit tersebut yang kedua kali?
2. Limfosit apakah yang berperan dalam kekebalan selular?

C. Kekebalan Tubuh dan Kesehatan

Imunisasi merupakan suatu keadaan tubuh yang kebal terhadap suatu penyakit. **Imunisasi** adalah suatu perlakuan yang menyebabkan seseorang menjadi kebal (imun) terhadap suatu penyakit. Imunisasi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Imunisasi Aktif

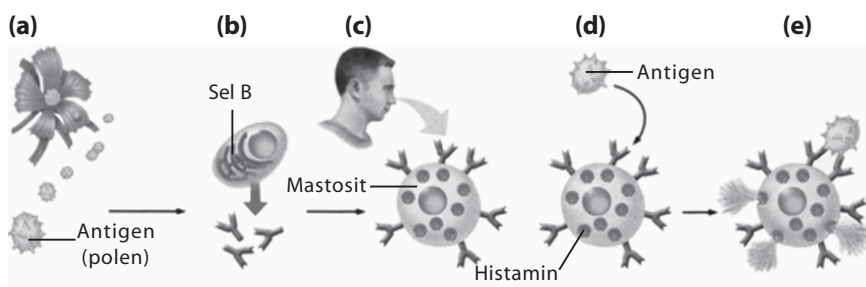
Imunisasi aktif merupakan kondisi pada saat tubuh dapat membentuk imunitas sendiri terhadap bibit penyakit dengan cara memasukkan vaksin ke dalam tubuh seseorang dengan tujuan untuk merangsang tubuh memproduksi antibodi sendiri. Contohnya adalah imunisasi polio atau campak.

2. Imunisasi Pasif

Imunisasi pasif merupakan imunisasi yang terjadi pada saat tubuh memperoleh imunitas dengan cara menyuntikkan serum yang mengandung antibodi terhadap suatu penyakit ke dalam tubuh. Imunisasi pasif sering dilakukan dalam keadaan darurat yang diperkirakan tidak ada waktu untuk pembentukan antibodi yang cukup untuk melawan antigen yang masuk. Contoh imunisasi pasif yaitu pemberian serum antibisa ular pada orang yang terkena gigitan ular berbisa.

Walaupun sistem imun berfungsi melindungi tubuh, tetapi saat sistem ini bereaksi pada molekul asing dalam lingkungan secara berlebihan akan timbul alergi. Alergi merupakan respons sistem kekebalan tubuh yang hipersensitif untuk melawan antigen. Alergi dapat disebabkan oleh beberapa hal, misalnya debu, bulu kucing, benang sari, dan makanan. Penyebab alergi disebut dengan **alergen**.

Proses alergi dimulai ketika alergen masuk ke dalam tubuh. Ketika alergen masuk, antibodi IgE akan dibentuk seperti halnya sel memori B dan T. Antibodi yang dihasilkan akan berikatan dengan mastosit. Saat IgE mengikat alergen, mastosit akan melepaskan butir-butir halus yang disebut **histamin**. Efek dari pelepasan histamin tersebut dapat berupa bersin, hidung basah, dan mata berair. Perhatikan **Gambar 10.12**.



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006



Sekilas Biologi

Para peneliti menemukan meniran (*Phyllanthus niruri*) sebagai imunomodulator, yaitu obat yang mampu meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Hal ini sangat dibutuhkan sekali oleh penderita penyakit-penyakit infeksi.

Sumber: www.republika.co.id, 25 April 2006

Gambar 10.12

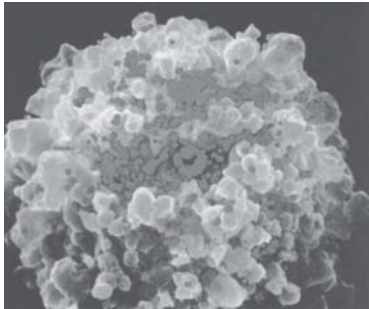
Mekanisme alergi. (a) Alergen masuk ke aliran darah, (b) sel-sel B membentuk antibodi, (c) antibodi menempel pada mastosit, (d) antibodi berikatan dengan antigen, dan (e) histamin dilepaskan menyebabkan gejala alergi.

Autoimunitas yaitu suatu keadaan tubuh yang memproduksi antibodi terhadap sel tubuh yang serupa atau mirip dengan antigen yang berasal dari luar tubuh. Hal ini disebabkan oleh kesalahan limfosit T dalam mengingat antigen.

Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS) adalah kelainan sistem kekebalan tubuh secara meluas. Penyakit ini ditemukan pada tahun 1981. Hampir 40% dari jumlah seluruh penderita atau 75% yang didiagnosis mengalami kematian. Persentase kasus terbanyak timbul pada laki-laki homoseksual, penyalahgunaan obat secara intravena, pada laki-laki biseksual, heteroseksual, dan penderita hemofilia yang mengalami kesalahan pengobatan.

Gejala yang timbul pada penderita AIDS didahului dengan kelelahan, lemah, penurunan berat badan, demam, diare kronik, napas pendek, dan kelainan sel limfosit. AIDS disebabkan oleh *Human Immunodeficiency Virus* (HIV). HIV menghancurkan kemampuan tubuh terhadap infeksi dan sel kanker. Seseorang yang terinfeksi HIV dinyatakan menderita AIDS jika sistem imunnya menurun akibat infeksi HIV. Hal tersebut diindikasikan dengan menurunnya jumlah sel T dari normal (600–1.500 sel/mm³ darah) menjadi 200 sel/mm³ darah. Indikasi lainnya yaitu infeksi jamur *Pneumocystis carinii* penyebab pneumonia yang sangat jarang terjadi pada individu sehat.

Virus HIV dapat ditularkan melalui transfusi darah, antara ibu penderita dan bayi yang dikandungnya, penggunaan jarum suntik, dan ditularkan secara seksual. Di Indonesia hingga akhir Maret 2006 tercatat 10.156 kasus HIV/AIDS. Pengetahuan mengenai HIV/AIDS serta penularannya merupakan cara terbaik mencegah meluasnya HIV/AIDS.



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Gambar 10.13

Sel T yang terinfeksi oleh HIV.

Tugas Anda 10.1

Imunisasi merupakan salah satu perlakuan yang mengakibatkan tubuh menjadi kebal terhadap suatu penyakit. Imunisasi yang kita kenal merupakan imunisasi pasif yang terjadi ketika imunitas tubuh dibantu dengan cara menyuntikkan ke dalam tubuh serum yang telah kebal terhadap suatu penyakit. Tugas Anda adalah mencari informasi mengenai jenis-jenis serum atau vaksin yang biasa digunakan untuk berbagai macam penyakit. Diskusikanlah hasilnya bersama guru Anda.

Latihan Pemahaman Subbab C

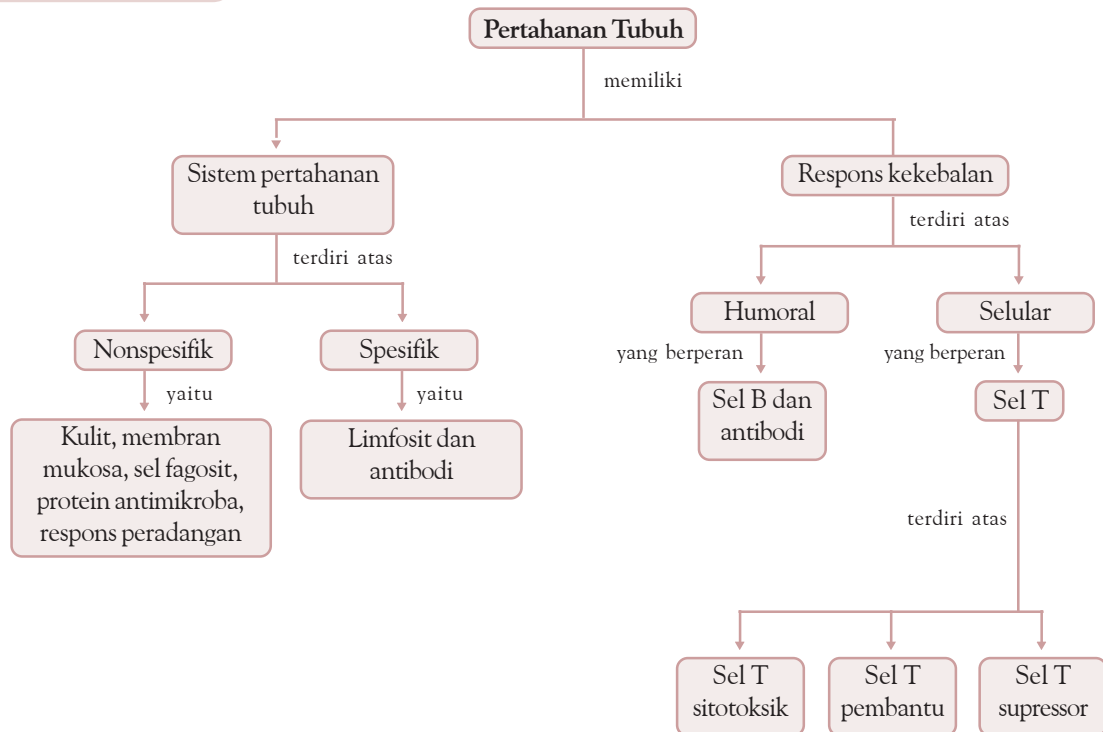
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskanlah proses alergi.
2. Apakah penyebab AIDS?

Rangkuman

1. Kekebalan tubuh yaitu keadaan tubuh yang resisten terhadap suatu penyebab infeksi tertentu. Fungsi dari sistem kekebalan tubuh adalah mengenali setiap benda asing yang masuk ke dalam tubuh dan menghancurkannya.
2. Kekebalan tubuh dibagi menjadi dua, yaitu kekebalan alami atau kekebalan pasif dan kekebalan buatan atau kekebalan aktif. Kekebalan alami adalah kekebalan terhadap suatu penyakit yang dimiliki tubuh tanpa perlakuan dari luar, sedangkan kekebalan buatan adalah kekebalan yang dibuat oleh tubuh dengan cara pemberian vaksin.
3. Pertahanan tubuh dimulai dengan adanya kulit dan membran mukosa sebagai pertahanan pertama. Selain menghalangi patogen yang masuk secara fisik, kulit dan membran mukosa mampu menghalangi atau mengeluarkan sekret, seperti minyak, keringat, air ludah, air mata, dan sekret membran mukosa.
4. Sel-sel darah putih (leukosit) berperan pula dalam sistem kekebalan tubuh. Leukosit mampu memproduksi antibodi yang dapat menghancurkan antigen yang masuk. Antibodi merupakan suatu protein globulin yang diproduksi oleh limfosit B. Antibodi tersusun atas dua tipe rantai polipeptida yaitu rantai ringan (*light chain*) dan rantai berat (*heavy chain*).
5. Alergi, autoimunitas, dan *Acquired Immunodeficiency Syndrome* (AIDS) merupakan beberapa kegagalan sistem kekebalan tubuh.

Peta Konsep



Refleksi

Bagaimana pendapat Anda setelah mempelajari materi **Pertahanan Tubuh** ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang bisa Anda dapatkan setelah mempelajari bab ini. Misalnya, Anda dapat memahami pentingnya sistem pertahanan tubuh. Oleh karena itu, menjaga kebersihan dan kesehatan tubuh merupakan hal yang sangat penting. Dapatkah Anda menyebutkan manfaat yang lainnya?

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda mampu menjelaskan mekanisme pertahanan tubuh terhadap benda asing berupa antigen dan bibit penyakit. Apakah Anda dapat mencapai tujuan tersebut?

Apabila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, diskusikanlah bersama teman-teman Anda. Kemudian, bertanyalah kepada guru Anda untuk memecahkan permasalahan-permasalahan berkenaan dengan materi pada bab ini. Agar Anda mampu memahami materi pada bab ini dengan lebih baik, pastikanlah Anda menguasai materi bab ini dengan belajar lebih giat.

Evaluasi Kompetensi Bab 10

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

1. Benda asing yang masuk ke dalam tubuh disebut
 - a. patogen
 - b. antibodi
 - c. limfosit
 - d. histamin
 - e. antigen
2. Berikut yang menunjukkan perbedaan cara sel B dan sel T sitotoksik dalam menangani benda asing adalah
 - a. sel B membentuk kekebalan aktif; sel T membentuk kekebalan pasif
 - b. sel B membentuk antibodi; sel T sendiri yang menyerang antigen
 - c. sel T menangani respons kekebalan primer; sel B menangani respons kekebalan sekunder
 - d. sel B berperan dalam kekebalan sel; sel T berperan dalam kekebalan humoral
 - e. sel B menyerang pertama kali benda asing yang masuk; kemudian sel T
3. Sel T sitotoksik mampu mengenali dan menyerang sel kanker karena
 - a. kanker mengubah permukaan dari sel kanker
 - b. adanya bantuan sel B
 - c. kanker merupakan infeksi bakteri
 - d. sel kanker melepaskan antibodi ke dalam darah
 - e. kanker merupakan penyakit autoimunitas
4. Leukosit mampu keluar dari pembuluh darah jika di luar pembuluh darah terdapat benda asing. Peristiwa tersebut dinamakan
 - a. diapedesis
 - b. amoebosis
 - c. fagositosis
 - d. leukositosis
 - e. leukopenia
5. Sel darah yang aktif bekerja dalam reaksi imunitas adalah
 - a. eosinofil
 - b. basofil
 - c. neutrofil
 - d. limfosit
 - e. monosit
6. Cairan getah bening berbeda dengan darah karena keadaan cairan getah bening sebagai berikut, *kecuali*
 - a. tidak terdapat eritrosit
 - b. tidak memiliki trombosit
 - c. mengalir menuju jantung
 - d. tidak memiliki leukosit
 - e. mengalir keluar dari jantung
7. Kekebalan yang didapatkan setelah terkena penyakit atau setelah vaksinasi disebut
 - a. kekebalan aktif
 - b. imunitas pasif
 - c. kekebalan alami
 - d. autoimunitas
 - e. kegagalan imunitas
8. Di antara pernyataan berikut yang *bukan* merupakan fungsi limfa adalah
 - a. menghancurkan sumsum tulang
 - b. membentuk limfotik
 - c. merusak eritrosit
 - d. menyediakan cadangan darah
 - e. pertahanan organisme terhadap kuman-kuman
9. Jika seseorang disuntik vaksin DPT (difteria, pertusis, dan tetanus), di dalam tubuh orang tersebut akan

- terbentuk antibodi penghancur DPT hingga orang tersebut kebal terhadap penyakit DPT. Kekebalan pada orang ini termasuk
- kekebalan pasif
 - kekebalan aktif
 - kekebalan tetap
 - kekebalan sementara
 - kekebalan berjangka
- Nanah pada luka sebenarnya adalah
 - otot busuk yang larut ke dalam darah putih
 - sel darah putih dan limfa yang rusak
 - sel darah putih dan kuman-kuman yang mati
 - keping darah yang membeku
 - keping darah yang rusak
 - Limfa dapat membeku seperti halnya darah sebab di dalam limfa tersebut terdapat
 - plasma darah
 - leukosit
 - eritrosit
 - trombosit
 - antigen
 - Peredaran getah bening disebut peredaran darah terbuka sebab
 - mengalir tanpa melalui pembuluh
 - ujung pembuluh kapilernya terbuka
 - ujung pembuluh kapiler bersambung dengan pembuluh balik
 - alirannya dipompa jantung
 - alirannya tidak dipompa oleh jantung
 - Berikut ini yang berfungsi sebagai tempat menimbun darah adalah
 - kelenjar getah bening
 - tonsil
 - limfa
 - hati
 - jantung
 - Peredaran limfa di tubuh bersifat terbuka sehingga aliran limfa di pembuluh terjadi karena adanya
 - denyut nadi
 - tekanan jantung
 - tekanan otot
 - pengaruh gravitasi
 - energi pengaktif
 - Awal pertahanan tubuh secara fisik dilakukan oleh
 - rambut
 - air mata
 - kulit
 - keringat
 - limfosit
 - Berikut ini merupakan pertahanan secara kimiawi oleh tubuh, *kecuali*
 - kelenjar minyak
 - keringat
 - air ludah
 - air mata
 - antibodi
 - Tipe antibodi yang paling banyak ditemukan di peredaran darah adalah
 - IgM
 - IgA
 - IgG
 - IgD
 - IgE

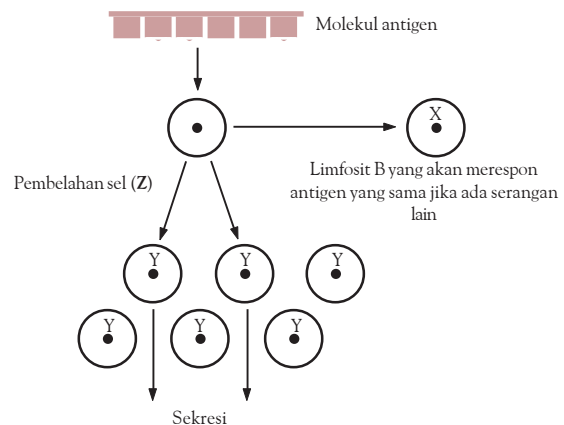
- Suatu sistem yang berhubungan dengan kekebalan tubuh adalah
 - sistem otot
 - sistem rangka
 - sistem integumen
 - sistem limfa
 - sistem ekskresi
- Penyebab alergi disebut
 - antigen
 - alergen
 - antibodi
 - patogen
 - limfosit
- Suatu keadaan yang memproduksi antibodi terhadap sel tubuh sendiri adalah
 - autoimunitas
 - imunisasi
 - AIDS
 - demam
 - alergi

B. Soal Uraian

- Jelaskan perbedaan sistem kekebalan alami dan sistem kekebalan buatan.
- Jelaskan tipe-tipe sel yang berperan dalam sistem kekebalan tubuh.
- Jelaskan fungsi timus, sumsum tulang, dan limfa.
- Apakah yang dimaksud dengan antibodi?
- Jelaskan contoh penyakit akibat kegagalan sistem kekebalan tubuh.

C. Soal Tantangan

- Penyakit AIDS akibat HIV merupakan penyakit yang mendapat perhatian khusus karena telah memakan korban yang tidak sedikit. Jelaskan bagaimana AIDS ditularkan dan bagaimana suatu sistem kekebalan pada orang yang terinfeksi dapat dipengaruhi HIV. Mengapa AIDS lebih mematikan dibandingkan dengan penyakit lainnya? Bagaimana pencegahan penularan HIV yang paling efektif?
- Diagram berikut menunjukkan respons kekebalan tubuh dengan adanya antigen.



- Tuliskan tipe limfosit B pada X.
- Tuliskan hasil sekresi pada Y.
- Tuliskan tipe pembelahan sel pada Z.

Proyek Semester 2



Karya Tulis Bahaya Merokok

Anda tentunya telah mengetahui atau pernah mendengar pengaruh buruk yang ditimbulkan oleh kebiasaan merokok, mengonsumsi minuman beralkohol, serta penggunaan narkoba dan zat psikotropika. Hal ini disebabkan oleh zat-zat yang terdapat di dalam rokok, minuman beralkohol, narkoba, dan zat psikotropika tersebut mengganggu sistem organ tubuh.

Agar Anda mendapatkan pemahaman dan wawasan yang lebih luas mengenai pengaruh buruk rokok, minuman beralkohol, narkoba, dan zat psikotropika, buatlah suatu karya tulis mengenai hal tersebut secara individu atau berkelompok.

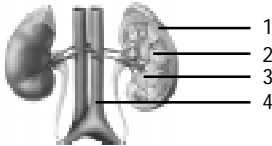
Dalam membuat karya tulis, Anda harus menggunakan sumber rujukan yang tepat serta mengacu pada cara penulisan ilmiah. Jika Anda menemukan kesulitan dalam penulisan karya tulis tersebut, mintalah bimbingan dari guru Anda. Kemudian, presentasikan dan diskusikan karya tulis Anda tersebut di depan kelas.

Evaluasi Kompetensi Biologi

Semester 2

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

- Ludah atau saliva mengandung enzim pencernaan
 - ptialin
 - tripsin
 - pepsin
 - lipase
 - renin
- Struktur usus halus sesuai untuk menyerap makanan yang sudah dicerna karena memiliki
 - otot-otot polos
 - kelenjar lemak
 - kelenjar pencernaan
 - vili
 - jaringan epitel
- Pencernaan lemak menghasilkan
 - glukosa
 - asam lemak
 - asam amino
 - vitamin
 - mineral
- Makanan didorong dari esofagus menuju lambung dengan bantuan
 - flagela
 - mukus
 - silia
 - bakteri
 - gerak peristaltik
- Fungsi lemak antara lain sebagai pembawa zat-zat makanan yang esensial dan sebagai pelarut vitamin
 - A, D, C, dan E
 - A, C, D, dan K
 - A, C, E, dan K
 - A, D, E, dan K
 - C, D, E, dan K
- Pada saat otot antartulang rusuk berkontraksi, volume rongga dada membesar mengakibatkan penurunan tekanan udara di dalam paru-paru sehingga
 - udara dari atmosfer masuk
 - udara dari atmosfer tidak dapat masuk
 - udara dalam paru-paru keluar
 - udara dalam paru-paru masuk ke darah
 - udara dalam paru-paru masuk ke kapiler
- Faktor-faktor yang tidak berpengaruh terhadap kecepatan pernapasan adalah
 - usia
 - tinggi badan
 - suhu tubuh
 - jenis kelamin
 - aktivitas
- Apabila kita mengeluarkan udara sedalam-dalamnya maka di dalam paru-paru masih terdapat udara
 - komplemen
 - suplemen
 - vital
 - tidal
 - residu
- Pengangkutan karbon dioksida di dalam tubuh dalam bentuk
 - H_3CO_2
 - Hb CO_2
 - CO_2
 - H CO_3
 - $\text{H}_2 \text{CO}_3$
- Organ pernapasan manusia di bawah ini yang berfungsi sebagai tempat difusi oksigen ke dalam pembuluh darah adalah
 - alveolus
 - rongga hidung
 - laring
 - trakea
 - bronkus
- Alat ekskresi pada cacing tanah dan sebagian besar invertebrata adalah
 - ginjal
 - paru-paru
 - uretra
 - kloaka
 - nefridia
- Perhatikan gambar berikut.

Sebelum dikeluarkan, urine akan ditampung pada bagian

 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Proses pembentukan urine dimulai dengan proses filtrasi yang terjadi di
 - medula
 - korteks
 - glomerulus
 - pelvis
 - ureter
- Bagian terluar dari ginjal disebut
 - korteks
 - medula
 - pelvis
 - glomerulus
 - tubula

15. Karbon dioksida dan air yang dihasilkan pada setiap metabolisme karbohidrat dan lemak dikeluarkan melalui
 - a. ginjal
 - b. kulit
 - c. paru-paru
 - d. hati
 - e. pankreas
 16. Denyut jantung dikendalikan oleh sistem saraf
 - a. tepi
 - b. kranial
 - c. spinal
 - d. otonom
 - e. pusat
 17. Sistem saraf pusat, baik otak maupun sumsum tulang belakang, dilindungi oleh suatu selaput yang terdiri atas jaringan pengikat yang disebut
 - a. meninges
 - b. durameter
 - c. arachnoid
 - d. piameter
 - e. serebrospinal
 18. Keseimbangan dan posisi tubuh diatur oleh
 - a. otak besar
 - b. otak samping
 - c. otak tengah
 - d. otak depan
 - e. otak kecil
 19. Hormon insulin memegang peranan penting dalam menurunkan kadar gula darah. Hormon ini dihasilkan di
 - a. kelenjar pankreas
 - b. kelenjar adrenal
 - c. kelenjar tiroid
 - d. kelenjar paratiroid
 - e. kelenjar hipofisis
 20. Bagian dari mata yang kerjanya mirip dengan diafragma sebuah kamera adalah
 - a. kornea
 - b. pupil
 - c. iris
 - d. lensa
 - e. retina
 21. Spermatogenesis pada manusia terjadi pada
 - a. penis
 - b. tubulus seminiferus
 - c. skrotum
 - d. kelenjar prostat
 - e. vas deferens
 22. Proses implantasi terjadi pada tahapan
 - a. zigot
 - b. morula
 - c. blastula
 - d. gastrula
 - e. neurula
 23. Oogenesis pada wanita terjadi pada
 - a. uterus
 - b. vagina
 - c. serviks
 - d. tuba Fallopi
 - e. ovarium
 24. Pendewasaan sperma pada manusia berlangsung di
 - a. testis
 - b. vas deferens
 - c. tubulus seminiferus
 - d. epididimis
 - e. vesika seminalis
 25. Dari proses oogenesis akan dihasilkan
 - a. satu ovum dan satu badan polar
 - b. satu ovum dan dua badan polar
 - c. satu ovum dan tiga badan polar
 - d. dua ovum dan dua badan polar
 - e. tiga ovum dan satu badan polar
 26. Tempat pertemuan antara sel sperma dan sel telur adalah
 - a. tuba Fallopi
 - b. ovarium
 - c. uterus
 - d. ureter
 - e. vagina
 27. Penyakit akibat adanya jaringan endometrium di luar rahim adalah
 - a. impotensi
 - b. infertilitas
 - c. endometriosis
 - d. kanker serviks
 - e. prostatitis
 28. Pertahanan tubuh yang pertama dari penyakit adalah
 - a. rambut
 - b. sel darah
 - c. plasma darah
 - d. keringat
 - e. kulit
 29. Pada saat demam, suhu tubuh menjadi tinggi karena adanya
 - a. patogen
 - b. pirogen
 - c. enzim
 - d. bakteri
 - e. antibodi
 30. Antibodi dihasilkan oleh
 - a. limfosit T
 - b. limfosit B
 - c. eritrosit
 - d. antigen
 - e. patogen
- B. Soal Uraian
1. Jelaskan perbedaan proses pencernaan mekanik dan pencernaan kimiawi.
 2. Bagaimana adaptasi sel-sel epitel usus agar penyerapan makanan berlangsung maksimal?
 3. Apa yang dimaksud dengan pernapasan internal dan pernapasan eksternal?
 4. Jelaskan mengenai kontrol pernapasan pada manusia?
 5. Apa fungsi kulit bagi tubuh manusia?
 6. Apakah yang dengan urine primer dan urine sekunder?
 7. Jelaskan fungsi sumsum tulang belakang.
 8. Sebutkan beberapa gangguan pada sistem endokrin beserta penyebabnya.
 9. Apa yang dimaksud dengan menstruasi? Hormon apa saja yang mempengaruhinya?
 10. Mengapa jika kita pernah terserang penyakit cacar maka selama seumur hidup kita tidak akan terkena cacar lagi?

Evaluasi Kompetensi Biologi

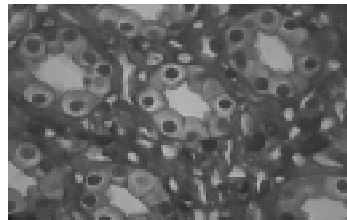
Akhir Tahun

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

A. Pilihan Ganda

1. Sel prokariot dan eukariot memiliki perbedaan dalam hal
 - a. sitoplasma
 - b. membran sel
 - c. materi genetik
 - d. dinding sel
 - e. inti sel
2. Retikulum endoplasma berperan dalam
 - a. respirasi sel
 - b. pencernaan makanan
 - c. reproduksi sel
 - d. transportasi zat
 - e. selulasi
3. Berikut ini yang bukan merupakan fungsi membran sel adalah
 - a. sebagai batas antara isi dan luar sel
 - b. membungkus dan melindungi isi sel
 - c. menyeleksi zat yang keluar dan masuk
 - d. tempat terjadinya osmosis
 - e. mengatur keseluruhan kerja sel
4. Organel sel yang memiliki dua lapisan membran dalam yang membentuk lipatan-lipatan disebut krista, serta membran luar yang membatasinya adalah
 - a. ribosom
 - b. mitokondria
 - c. retikulum endoplasma
 - d. badan golasi
 - e. lisosom
5. Jaringan yang memiliki ciri selalu aktif membelah, berada didaerah-daerah tumbuh seperti ujung akar, ujung batang dan pucuk adalah
 - a. epidermis
 - b. meristem
 - c. parenkim
 - d. kolenkim
 - e. sklerenkim
6. Ilem merupakan jaringan komple yang tersusun atas beberapa tipe sel. Tipe sel yang tidak termasuk penyusun ilem adalah
 - a. serabut ilem
 - b. kolenkim ilem
 - c. trakeid
 - d. perenkim ilem
 - e. trakea

7. Perhatikan gambar berikut



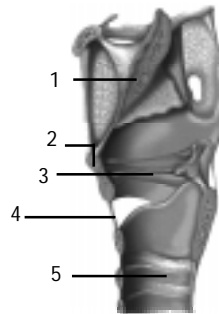
Gambar tersebut menunjukkan jaringan epitel

- a. kubus selapis
 - b. silindris selapis
 - c. pipih berlapis banyak
 - d. kubus berlapis banyak
 - e. transisi
8. Jaringan ikat longgar berfungsi sebagai
 - a. melindungi tubuh baik di permukaan luar maupun permukaan dalam tubuh
 - b. sebagai makanan cadangan dan menjaga hilangnya panas yang berlebihan
 - c. menyangga dan memberikan bentuk pada tubuh
 - d. sebagai alat gerak aktif
 - e. menyokong dan menghubungkan komponen jaringan lain
 9. Matriks tulang akan mengeras karena adanya
 - a. CaPO_2 dan CaCO_2
 - b. CaCO_2 dan PO_4
 - c. CaCO_3 dan $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4))_2$
 - d. CaCO_3 dan Ca_2PO_4
 - e. CaCO_3 dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)$
 10. Berikut ini yang tidak termasuk tulang tungkai atas adalah
 - a. fibula
 - b. ulna
 - c. metakarpal
 - d. radius
 - e. humerus
 11. Otot polos memiliki ciri
 - a. berbentuk memanjang dan setiap sel memiliki banyak inti
 - b. bekerja secara disadari
 - c. membentuk daerah gelap terang dan bercabang
 - d. menempel pada tulang dan bergerak secara volunter
 - e. bergerak secara otonom dan involuter

12. Berikut ini pernyataan yang benar tentang gerak berlawanan pada otot adalah
- otot fleksor berlawanan dengan otot pronator
 - otot depresor berlawanan dengan otot elevator
 - otot supinator berlawanan dengan otot abduktor
 - otot adduktor berlawanan dengan otot ekstensor
 - otot fleksor berlawanan dengan otot depresor
13. Berikut ini pernyataan yang tidak benar tentang fungsi darah adalah
- mengangkut sisa metabolisme sel-sel tubuh ke organ ekskresi
 - transportasi oksigen dari sistem respirasi
 - mengedarkan nutrisi dari sistem pencernaan ke seluruh tubuh
 - menyerap nutrisi yang sudah dicerna di lambung
 - membantu mengatur temperatur tubuh
14. Fungsi albumin di dalam plasma darah adalah
- berperan sebagai penggumpalan darah
 - membentuk transportasi lemak
 - mempertahankan keseimbangan pada darah dan jaringan
 - memengaruhi aktivitas organ yang dituju
 - penyeimbang tekanan osmosis
15. Sel darah yang berfungsi dalam proses penggumpalan darah adalah
- trombosit
 - leukosit
 - eritrosit
 - limfosit
 - granulosit
16. Golongan darah AB berarti
- memiliki aglutinogen A dan aglutinin b
 - memiliki aglutinogen B dan aglutinin a
 - memiliki aglutinin α dan β dan tidak memiliki aglutinogen A dan B
 - memiliki aglutinogen B dan aglutinin β
 - memiliki aglutinogen A dan B dan tidak memiliki aglutinin α dan β
17. Berikut ini yang bukan merupakan fungsi zat makanan adalah
- sebagai sumber energi
 - perkembangan dan pertumbuhan tubuh
 - mengatur keseimbangan cairan dalam tubuh
 - berperan dalam metabolisme tubuh
 - membantu pertumbuhan sel-sel yang rusak atau tua.
18. Berikut adalah organ yang berperan dalam sistem pencernaan manusia.
- Esofagus
 - Ventrikel
 - Anus
 - Colon
 - Intestinum
 - Mulut

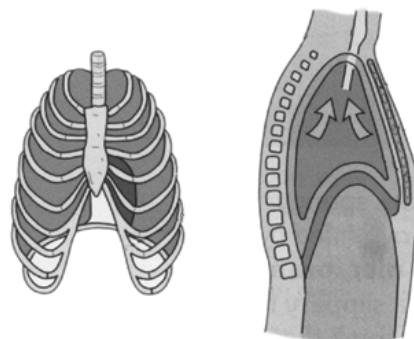
Urutan sistem pencernaan pada manusia adalah

- 6 1 2 5 4 3
 - 6 2 1 4 5 3
 - 6 2 4 1 5 3
 - 6 5 1 4 2 3
 - 6 4 1 2 5 3
19. Kelenjar sub mandibularis terletak di
- pangkal lidah
 - bagian bawah rahang bawah
 - dibawah lidah
 - di langit-langit mulut
 - dekat daun telinga
20. Enzim lipase dihasilkan oleh
- kelenjar ludah
 - lambung
 - hati
 - pankreas
 - usus halus
21. Perhatikan gambar berikut.



Epiglottis ditunjukkan oleh nomor

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
22. Tempat bertukarnya gas O_2 dan CO_2 di paru-paru adalah
- laring
 - bronkiolus
 - trakea
 - alveolus
 - bronkus
23. Perhatikan gambar berikut.

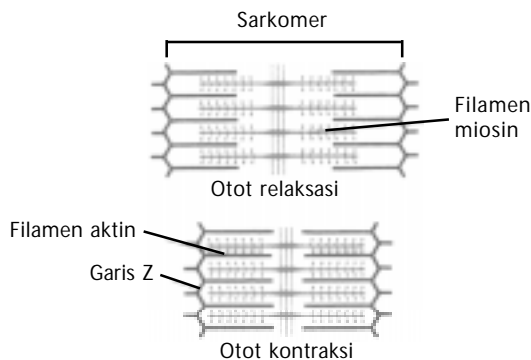


- Pada gambar tersebut, pernyataan yang tidak tepat pada saat ekspirasi adalah
- otot diafragma bereaksi ke bentuk semula
 - otot-otot antar tulang rusuk berelaksasi
 - volume rongga dada mengecil
 - tekanan udara di dalam paru-paru naik
 - volume paru-paru akan membesar
- Volume residu pada paru-paru adalah
 - volume udara yang dihirup dan dikeluarkan pada keadaan istirahat
 - volume udara yang masih dapat dihirup setelah inspirasi biasa
 - volume udara yang masih dapat dikeluarkan setelah ekspirasi biasa
 - jumlah volume total di paru-paru
 - volume udara yang tersisa setelah melakukan ekspirasi maksimal
 - Fungsi dari sistem ekskresi adalah
 - membuang sampah sisa metabolisme
 - menjaga tekanan osmosis
 - mengeluarkan zat yang berperan dalam metabolisme
 - merangsang pengeluaran hormon
 - merombak zat-zat yang tidak diperlukan tubuh
 - Dalam keadaan normal, ginjal berfungsi sebagai
 - mengatur kadar gula dalam darah
 - mengatur nilai osmosis darah dan cairan dalam jaringan
 - mengatur protein
 - menyerap kembali semua zat yang diperlukan tubuh
 - menahan zat-zat yang diperlukan tubuh agar tidak terbawa keluar
 - Bilirubin merupakan hasil perombakan hemoglobin darah yang berlangsung di
 - ginjal
 - kulit
 - hati
 - pankreas
 - kelenjar limfa
 - Berikut ini pernyataan yang benar tentang vrolitiasis adalah
 - kelainan pada ginjal sehingga tidak bisa menjalankan fungsinya sebagai organ ekskresi
 - gangguan fungsi ginjal akibat adanya pembentukan batu pada saluran urine
 - perdangan ginjal pada bagian korteks dan medula
 - peradangan ginjal khususnya pada bagian glomerulus
 - gangguan pada ginjal dalam mereabsorpsi gula dalam darah
 - Fungsi berikut tidak berkaitan dengan cerebrum (otak besar) adalah
 - pendengaran
 - bicara
 - penglihatan
 - keseimbangan
 - bau
 - Hubungan antarneuron disebut
 - dendrit
 - neuro humor
 - akson
 - sinapsis
 - neurotransmitter
 - Buta warna parsial diakibatkan terdapat kerusakan pada
 - kornea
 - lensa mata
 - sel kerucut
 - sel batang
 - koroid
 - PTH merupakan hormon yang berperan dalam
 - reabsorpsi kalsium pada tubulus ginjal
 - mengatur glukosa darah
 - merangsang pertumbuhan dan perkembangan
 - merangsang kelenjar tiroid untuk menghasilkan hormon tiroksin
 - meningkatkan reabsorpsi Na^+ dan ekskresi K^+ di dalam ginjal
 - Kelenjar yang menghasilkan cairan yang berfungsi menetralkan urine yang mengandung asam didalam uretra adalah
 - kelenjar prostat
 - vesika seminalis
 - tubulus seminiferus
 - kelenjar bulbouretral
 - ves deferens
 - Pertemuan sperma dan ovum (fertilisasi) terjadi di
 - tuba Fallopi
 - uterus
 - ovarium
 - serviks
 - vagina
 - Tahapan yang benar tentang proses spermatogenesis adalah
 - spermatisit spermatogonium spermatid sperma
 - spermatogonium spermatisit spermatid sperma
 - spermatid spermatisit spermatogonium sperma
 - spermatogonium spermatid spermatisit sperma
 - spermatisit spermatid spermatogonium sperma

36. Berikut yang merupakan pengertian ovulasi adalah
 - a. keluarnya sel telur dari ovarium
 - b. pertumbuhan folikel di ovarium
 - c. pertemuan antara sel gamet jantan dan betina
 - d. pembentukan sel telur di ovarium
 - e. perjalanan sel telur dalam saluran reproduksi
37. Berikut ini sistem pertahanan tubuh yang bersifat spesifik adalah
 - a. kulit
 - b. membran mukosa
 - c. protein antimikroba
 - d. sel darah putih fagositik
 - e. limfosit
38. Berikut ini yang merupakan karakteristik antibodi tipe IgG
 - a. ditemukan di dalam tubuh, termasuk keringat, air mata, air ludah, membantu dalam membentuk kekebalan pasif pada bayi
 - b. bekerja sama dengan reaksi alergi dan asma, ditemukan di permukaan histamin
 - c. ditemukan di permukaan limfosit B berperan dalam respon kekebalan tubuh
39. Sel darah putih yang bekerja melawan parasit yang berukuran besar darah adalah
 - a. neutrofil
 - b. monosit
 - c. eosinofil
 - d. basofil
 - e. limfosit
40. Berikut ini contoh imunisasi aktif adalah
 - a. serum
 - b. vaksin
 - c. alergen
 - d. histamin
 - e. mastosit

B. awablah pertanyaan berikut dengan benar.

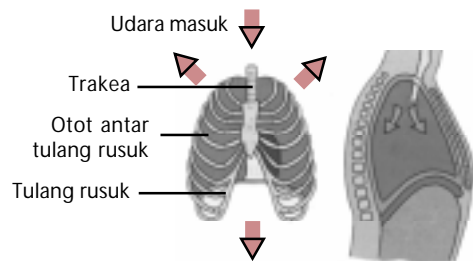
1. Sebutkan fungsi mitokondria, ribosom dan retikulum endoplasma pada sel.
2. Jelaskan pengertian dari totipotensi.
- 3.



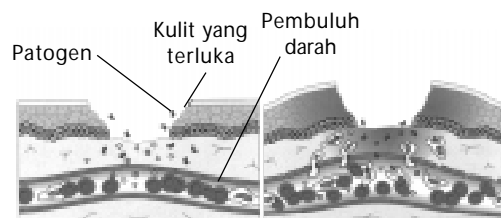
Berdasarkan gambar di atas, jelaskan proses terjadinya kontraksi otot.

4. Buatlah tabel yang menggambarkan tentang pengaruh darah pendonor terhadap darah resipien pada sistem transfusi darah
5. Sebutkan 3 macam kelenjar ludah dan letaknya.

6. Dari gambar berikut, jelaskan mengenai proses inspirasi dan ekspirasi.



7. Jelaskan proses pembentukan urine dengan singkat dan jelas.
8. Jelaskan mekanisme penghantaran impuls melalui sinapsis.
9. Jelaskan pengaruh HCG dalam proses kehamilan.
10. Perhatikan gambar berikut



Jelaskan proses yang terjadi pada gambar tersebut dengan singkat dan jelas.

Apendiks 1



Kunci Jawaban

Bab 1 Organisasi Tingkat Sel Tes Kompetensi Subbab A

- 1. Perbedaan yang paling mendasar adalah sel prokariotik memiliki materi inti yang tidak dibatasi oleh membran, sedangkan sel eukariotik memiliki materi inti yang dibatasi membran.
- 2. Selektif permeabel: dapat dilalui oleh ion-ion tertentu
Semipermeabel: dapat dilalui oleh molekul-molekul seukuran molekul air dan molekul gas.
- 3. Fungsi lisosom: mencerna dan menguraikan materi (fagositosis dan pinositosis), menghancurkan materi di luar sel (eksositosis) menetralkan zat karsinogen.
- 4. Sel tumbuhan memiliki organel yang tidak dimiliki sel hewan, seperti dinding sel dan plastida. Adapun sel hewan memiliki sentriol yang tidak dimiliki sel tumbuhan.

Tes Kompetensi Subbab B

- 1. Perpindahan molekul-molekul suatu zat dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian berkonsentrasi rendah.
- 2. Difusi molekul air melalui membran semipermeabel.
- 3. Energi diperlukan untuk melawan perbedaan konsentrasi.
- 4. Pinositosis: endositosis yang calon “mangsanya” berupa cairan.
Fagositosis: endositosis yang calon “mangsanya” bukan cairan.

Evaluasi Kompetensi Bab 1

- A. Pilihan Ganda
 - 1. a 11. c
 - 3. c 13. b
 - 5. a 15. c
 - 7. b 17. b
 - 9. a 19. e
- B. Soal Uraian
 - 1. Berdasarkan model mosaik cair, membran sel terdiri atas dua lapisan senyawa fosfolipid beserta molekul protein yang menempel pada lapisan tersebut. Satu unit fosfolipid lapisan membran sel terdiri atas bagian kepala dan ekor. Bagian kepala berupa gugus fosfat bersifat hidrolis dan bagian ekor berupa gugus lipid bersifat hidrofobik.

3. Perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan

Pembeda	Sel hewan	Sel Tumbuhan
Dinding Sel	Tidak ada	Ada
Plastida	Tidak ada	Ada
Sentriol	Ada	Tidak ada
Vakuola	Berukuran kecil	Berukuran Besar

- 5. Sel tumbuhan akan mengalami kekakuan karena memiliki dinding sel yang terbuat dari selulosa, lignin, dan suberin. Adapun pada sel hewan akan mengalami lisis karena air yang masuk.

Bab 2 Organisasi Tingkat Jaringan Tes Kompetensi Subbab A

- 1. Aktivitas jaringan meristem pada tumbuhan menyebabkan tumbuhan bertambah besar dan bertambah tinggi.
- 2. Sebagai tempat fotosintesis, tempat penyimpanan cadangan makanan, dan berperan dalam transportasi zat.
- 3. Jaringan kolenkim bersifat relatif lentur, sedangkan jaringan sklerenkim relatif kaku.
- 4. Ilem: mengangkut air dan mineral dari akar ke bagian lain tumbuhan.
Floem: mengangkut zat hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan.
Jaringan epidermis: mencegah penguapan yang berlebihan.
Jaringan mesofil: berperan dalam fotosintesis.

Tes Kompetensi Subbab B

- 1. Jaringan epitel berperan sebagai penutup atau pelindung seluruh permukaan tubuh.
- 2. Otot polos: menjalankan organ-organ bagian dalam
Otot rangka: menggerakkan tulang yang dilekatinya
Otot jantung: menjalankan kontraksi organ jantung
- 3. Neuron terdiri atas badan sel, akson, dendrit.
- 4. Jaringan ikat longgar, jaringan ikat padat, jaringan lipid, jaringan tulang, dan jaringan darah.

Evaluasi Kompetensi Bab 2

A. Pilihan Ganda

1. c 11. e
3. e 13. d
5. b 15. a
7. c 17. a
9. b 19. b

B. Soal Uraian

1. Tidak memiliki aktivitas untuk membelah diri atau memperbanyak diri
Memiliki rongga yang besar (ruang antarsel)
Dinding selnya telah mengalami penebalan
Berukuran lebih besar daripada sel-sel meristem
3. Totipotensi merupakan sifat sel yang dapat tumbuh dan berkembang menjadi individu baru utuh jika berada di lingkunganyang sesuai. Totipotensi sel merupakan dasar bagi kultur jaringan.
5. Darah terdiri atas sel-sel darah dan plasma darah. Sel darah dapat berupa eritrosit, leukosit, dan trombosit. Adapun plasma darah mengandung protein darah, zat organik dan zat anorganik.

Bab 3 Sistem Gerak pada Manusia

Tes Kompetensi Subbab A

1. Sebagai penunjang dan pemberi bentuk tubuh, sebagai alat gerak pasif, pelindung alat-alat vital, dan tempat pembentukan sel-sel darah.
2. Tulang belakang manusia terdiri atas 7 ruas tulang leher, 12 ruas tulang punggung, 5 ruas tulang pinggang, 5 tulang selangkang, dan 4 tulang ekor.
3. Pada amfiartrosis gerakan terbatas, sedangkan pada diartrosis gerakannya relatif lebih leluasa.
4. Skoliosis, kifosis, dan lordosis.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Otot lurik penampilannya berlurik-lurik dan berinti banyak, sedangkan otot polos penampilannya satu warna dan tidak terdapat lurik-lurik serta hanya memiliki satu inti.
2. Gerakan yang terjadi jika otot yang melekat pada tulang yang sama berkontraksi, otot pasangannya berelaksasi.
3. Mekanisme kontraksi otot sesuai dengan teori filamen bergeser. Kontraksi otot dipicu oleh impuls saraf.
4. Atrofi, tetanus, hipertrofi, stiff, miastenia gravis, dan hernia abdominalis.

Evaluasi Kompetensi Bab 3

A. Pilihan Ganda

1. e 11. a
3. a 13. b
5. a 15. a
7. b 17. a
9. b 19. e

B. Soal Uraian

1. Penunjang dan pemberi bentuk tubuh
Pelindung alat-alat vital tubuh
Penyusun rangka tubuh
Tempat melekatnya otot
Tempat pembentukan sel-sel darah
Tempat penyimpanan mineral (kalsium dan fosfor)
3. Perbedaan otot rangka, otot polos, dan otot jantung dapat dilihat dari jumlah inti tiap sel, letak inti tiap sel, ada tidaknya pita gelap-terang, bentuk sel ototnya, prinsip kerjanya, dan letaknya di dalam tubuh.
5. Gangguan pada otot dapat berupa :
Atropi yaitu keadaan otot menjadi kecil dan hipertropi, yaitu keadaan otot menjadi membesar.
Tetanus, yaitu kontraksi otot yang terus-menerus.
Miastenia gravis, yaitu melemahnya otot yang dapat menyebabkan kelumpuhan bahkan kematian.

Bab 4 Sistem Peredaran Darah pada Manusia

Tes Kompetensi Subbab A

1. Mengedarkan zat-zat makanan, mengedarkan oksigen, mengangkut sisa-sisa metabolisme, mengangkut hormon, dan membawa panas.
2. Komponen darah
Plasma darah: protein plasma, garam mineral, zat makanan, sampah nitrogen, dan zat lain.
Sel darah: sel darah merah dan sel darah putih
3. Luka trombosit pecah, enzim trombokinase bercampur plasma darah, protombin menjadi trombin oleh trambokinase, enzim trombokinase mengubah fibrinogen menjadi fibrin, benang-benang fibrin menutup luka.
4. Golongan darah dan kesehatan pendonor.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Jantung memiliki empat ruang: 2 serambi (atrium) dan 2 bilik (ventrikel)
2. Darah kaya O₂ dari serambi kiri masuk ke bilik kiri dan dipompa ke seluruh tubuh, darah dari tubuh kaya CO₂ dan masuk ke serambi kanan dan kemudian ke bilik kanan. Dari bilik kanan, darah dipompa menuju paru-paru.
3. Arteri: pembuluh darah yang meninggalkan jantung
Vena: pembuluh darah yang menuju jantung
4. Peredaran darah pulmonalis dan peredaran sistemik.

Evaluasi Kompetensi Bab 4

A. Pilihan Ganda

1. e 11. b 21. b
3. b 13. d 23. e
5. b 15. b 25. c
7. d 17. b
9. c 19. d

B. Soal Uraian

1. Mengedarkan sari makanan (nutrisi) dari sistem pencernaan makanan ke seluruh sel-sel tubuh
Transportasi oksigen dari paru-paru ke sel-sel seluruh tubuh, dan transportasi karbondioksida dari sel-sel seluruh tubuh ke paru-paru
Pengangkutan sisa metabolisme dari sel-sel tubuh ke organ ekskresi (pengeluaran)
Pengangkutan hormon dari kelenjar endokrin ke sel-sel atau jaringan target
Membantu keseimbangan cairan tubuh
Membantu dalam mengatur temperatur tubuh
3. a. 1 Paru-paru
2 Arteri
3 Vertikal kanan
4 Vena cava superior
b. Organ nomor 1 adalah jantung. Jantung merupakan organ utama dalam peredaran darah yang berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh.
5. Sick cell anemia (SCA) dan thalassemia, yaitu kelainan pada hemoglobin eritrosit. Pada SCA, bentuk sel darahnya berupa bulan sabit, sedangkan pada Thalassemia tidak beraturan. Kedua penyakit ini menyebabkan darah tidak maksimal mengikat gas pernapasan.
Leukemia, yaitu kelebihan dalam produksi leukosit.

Evaluasi Kompetensi Biologi Semester 1

A. Pilihan Ganda

1. c 11. c 21. d
3. e 13. d 23. b
5. a 15. a 25. a
7. a 17. b
9. c 19. b

B. Soal Uraian

1. Nukleus berfungsi mengendalikan seluruh aktivitas sel. Apabila nukleus dihilangkan dari sel maka sel tidak bisa menjalankan seluruh aktivitasnya atau mati.
3. Jaringan ikat longgar: berfungsi memberi bentuk pada organ-organ dalam, contohnya jaringan yang membatasi rongga perut.
Jaringan ikat padat: sebagai penghubung, contohnya tendon dan ligamen.
Jaringan lemak: sebagai cadangan makanan, contohnya jaringan lemak di bawah kulit dan jantung.
Jaringan tulang: pemberi bentuk tubuh, contohnya tulang belakang.
Jaringan darah: sebagai transportasi oksigen, contohnya sel darah merah (eritrosit).
5. Tulang dibentuk pada tahap perkembangan embrio. Sel-sel mesenkim akan membentuk kartilago. Di dalam kartilago terdapat osteoblas, yaitu sel-sel pembentuk

tulang keras. Kemudian, osteoblas akan mengisi jaringan sekelilingnya membentuk osteosit (sel-sel tulang). Di sekeliling osteosit terbentuk senyawa protein pembentuk matriks tulang. Matriks tulang ini akan mengeras karena adanya CaCO_3 dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

7. Sinartrosis: contohnya hubungan antartulang penyusun tengkorak.
Amfiartrosis: contohnya hubungan antara tibia dan fibula
Diartrosis: contohnya gelang bahu
30. Mengedarkan zat-zat makanan, mengedarkan oksigen, mengangkut sisa-sisa metabolisme, mengangkut hormon, dan membawa panas.

Bab 5 Sistem Pencernaan Makanan

Tes Kompetensi Subbab A

1. Sumber energi, perbaikan sel-sel, pertumbuhan, pengaturan metabolisme tubuh, penjaga keseimbangan cairan tubuh, dan pertahanan tubuh.
2. Cukup kalori, karbohidrat, lemak, protein, serat, vitamin, mineral. Mengandung cukup air, mudah dicerna, tidak beracun.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Proses pencernaan mekanis: proses pencernaan makanan yang tidak melibatkan enzim.
Proses pencernaan kimiawi: proses pencernaan makanan yang melibatkan enzim.
2. Gigi seri (incisor), gigi taring (canin), dan geraham.
3. Laktase, sukrase, peptidase, dan maltase.
4. Parotitis epidemika, caries gigi, mag, diare, dan apendisitis.

Tes Kompetensi Subbab C

1. Betuk gigi dan struktur lambung yang khusus.
2. Bakteri tersebut menghasilkan enzim selulosa sehingga dapat mencerna selulosa.

Evaluasi Kompetensi Bab 5

A. Pilihan Ganda

1. a 11. a
3. d 13. d
5. d 15. e
7. c 17. b
9. e 19. b

B. Soal Uraian

1. Sumber energi, perbaikan sel-sel, pertumbuhan, pengaturan metabolisme tubuh, penjaga keseimbangan cairan tubuh, dan pertahanan tubuh.
3. Asam amino esensial adalah asam amino yang tidak dapat disintesis tubuh sehingga harus disuplai melalui makanan. Adapun asam amino nonesensial adalah asam amino yang dapat disintesis tubuh.

5. Parotitis epididymika, penyakit ini menyerang kelenjar ludah terutama kelenjar parotis.
Caries gigi (gigi berlubang), penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Streptococcus*.

Bab 6 Sistem Pernapasan

Tes Kompetensi Subbab A

1. Sebagai saluran pertama yang dilalui udara, menangkap partikel-partikel oleh lendir, dan mengenali bau.
2. Pertukaran kedua gas tersebut disebabkan adanya perbedaan tekanan di antara kedua gas tersebut. Hal ini yang menyebabkan difusi oksigen ke dalam jaringan.
3. Usia, aktivitas tubuh, jenis kelamin, suhu tubuh, posisi tubuh, dan konsentrasi O_2 atau CO_2 .
4. Volume tidal (500 mL): volume udara yang dihirup dan dikeluarkan pada keadaan istirahat.
Volume suplemen (1.500 mL): volume udara yang masih dapat dikeluarkan setelah ekspirasi biasa (tidal).
Volume komplemen (3.000 mL): volume udara yang masih dapat dihirup setelah inspirasi biasa (tidal).
Volume residu (1.200 mL): volume udara yang tersisa setelah melakukan ekspirasi maksimal.
Kapasitas vital (5.000 mL): jumlah volume total dari volume tidal, volume suplemen, dan volume komplemen.
Kapasitas total paru-paru: jumlah volume residu ditambah kapasitas vital paru-paru.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Sistem pernapasan ikan: inspirasi, oksigen dimasukkan ke dalam insang melalui rongga mulut. Ekspirasi, CO_2 dikeluarkan melalui celah insang.
Sistem pernapasan katak: dapat terjadi melalui kulit, rongga mulut, dan paru-paru. Insang digunakan pada waktu berudu.
2. Pernapasan pada burung berbeda dengan manusia maupun dengan hewan lainnya karena melibatkan pundi-pundi udara yang tidak dimiliki hewan lain.

Evaluasi Kompetensi Bab 6

A. Pilihan Ganda

1. b 11. b
3. a 13. e
5. e 15. d
7. a 17. b
9. c 19. b

B. Soal Uraian

1. Hidung → faring → laring → trakea → paru-paru.
3. Volume tidal (500 ml)
Volume suplemen (1.500 ml)
Volume komplemen (3.000 ml)
Volume residu (1.200 ml)

Kapasitas vital (5.000ml)

Kapasitas total paru-paru

5. Kanker paru-paru: asap rokok dan polusi udara
Asma: penyempitan saluran paru-paru
Tuberculosis: infeksi bakteri
Bronkitis: infeksi bakteri

Bab 7 Sistem Ekskresi

Tes Kompetensi Subbab A

1. Filtrasi darah di glomerulus → urine primer → memasuki tubulus kontortus proksimal → terjadi reabsorpsi urine primer → urine sekunder → terjadi augmentasi → melewati tubulus kontortus distal → urine sesungguhnya.
2. Mengeluarkan sisa metabolisme berupa gas CO_2 dan H_2O dalam bentuk uap air.
3. Menghasilkan cairan empedu.
4. Gagal ginjal, vrolitiasis, pielonefritis, glomerulonefritis.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Planaria menggunakan organ nefridia untuk mengeluarkan sisa-sisa metabolisme. Di dalam nefridia terdapat sel api (flame cell).
2. Ikan air laut akan aktif mengeluarkan garam melalui insang dari urinenya. Adapun ikan air tawar akan banyak minum untuk memasukkan garam. Ikan air tawar mengeluarkan urine dengan konsentrasi air yang tinggi.

Evaluasi Kompetensi Bab 7

A. Pilihan Ganda

1. a 11. b
3. e 13. e
5. d 15. d
7. a 17. e
9. c 19. c

B. Soal Uraian

1. Sistem ekskresi berguna untuk mengeluarkan sisa-sisa metabolisme, mengatur homeostatis tubuh dan mengatur pH cairan tubuh.
3. at-zat sisa metabolisme jika tidak dikeluarkan akan meracuni tubuh.
5. Gagal ginjal: kelainan fisiologis ginjal
Vrolitiasis: pembentukan batu pada saluran urine.
Pielonefritis: infeksi *schierichia coli*

Bab 8 Sistem Regulasi

Tes Kompetensi Subbab A

1. Impuls diterima oleh dendrit dan dilanjutkan ke badan sel. Impuls tersebut diteruskan ke sel saraf lain melalui akson. Suatu impuls dapat dirambatkan akibat adanya sinapsis.
2. Otak besar (serebrum), otak kecil (serebelum), otak depan (diensefalon), otak tengah (mesensefalon), jembatan Varol, dan sumsum lanjutan.

3. Sumsum tulang belakang merupakan kelanjutan dari sumsum lanjutan. Sumsum lanjutan berfungsi mengatur denyut jantung, bersin, dan pusat pernapasan. Adapun sumsum tulang belakang berfungsi sebagai penghubung impuls, dan berperan dalam gerak refleks.
4. Mengendalikan aktivitas tubuh yang tidak disadari.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Senyawa biokimia yang dihasilkan sel atau kelenjar tertentu yang akan dibawa ke bagian lain tubuh untuk mempengaruhi aktivitas sel-sel target.
2. Mengatur keadaan bagian tubuh, seperti mengontrol detak jantung.
3. Kekurangan menimbulkan dwarfisme (kekerdilan) dan kelebihan menimbulkan gigantisme (pertumbuhan raksasa).
4. Estrogen berperan dalam pembentukan dan pematangan sel telur, pemeliharaan fungsi organ kelamin. Adapun progesteron berperan dalam penebalan dinding rahim, produksi air susu, dan memelihara kondisi kehamilan.

Tes Kompetensi Subbab C

1. Bola mata terdiri atas sklera, koroid, dan retina
2. Gelombang suara ditangkap telinga luar dan menggetarkan membran timpani. Kemudian dilanjutkan ke tulang-tulang pendengaran dan tingkap jorong. Tingkap jorong yang bergetar memengaruhi cairan di dalam koklea yang menstimulus ujung-ujung saraf pendengaran di permukaan koklea (organ korti).
3. Menerima rangsang zat kimia berupa gas.

Evaluasi Kompetensi Bab 8

A. Pilihan Ganda

1. a 11. d 21. e
3. a 13. c 23. c
5. b 15. d 25. e
7. e 17. c
9. b 19. e

B. Soal Uraian

1. Lobus frontalis: berperan dalam ingatan dan emosi
Lobus parietalis: pengaturan impuls dari kulit
Lobus temporalis: pengenalan suara dan memori
Lobus oksipitalis: penglihatan
3. Pada sistem saraf, informasi yang disampaikan berupa sinyal-sinyal listrik dan bekerja dalam waktu yang relatif singkat. Adapun pada sistem endokrin, informasi yang disampaikan berupa senyawa kimia (hormon).
5. a. 1 sklera 3 kornea 5 otot siliaris
2 iris 4 lensa

Bab 9 Sistem Reproduksi

Tes Kompetensi Subbab A

1. Pada dasarnya, alat-alat reproduksi laki-laki terdiri atas testis, saluran pengeluaran, kelenjar aksesoris, dan penis.

2. Sel induk sperma (spermatogonium) mengalami mitosis menjadi spermatosit primer. Spermatosit primer akan membelah secara meiosis menjadi spermatosit sekunder. Spermatosit sekunder membelah menjadi spermatid. Spermatid matang menjadi sperma.
3. Sel induk telur (oogonium) mengalami mitosis menjadi oosit primer. Oosit primer membelah secara meiosis menjadi satu oosit sekunder dan satu badan kutub primer. Oosit sekunder akan menghasilkan sebuah ootid dan sebuah badan kutub sekunder. Ootid menjadi ovum dan badan kutub sekunder akan luruh.
4. Kehamilan akan dimulai jika sel telur yang dilepaskan folikel dibuahi sperma.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Rizom, stolon, kormus, umbi batang, dan umbi lapis.
2. Kelopak (kaliks), mahkota (korola), benang sari (stamen), dan putik (pistilum).

Evaluasi Kompetensi Bab 9

A. Pilihan Ganda

1. b 11. d
3. e 13. c
5. b 15. c
7. c 17. c
9. c 19. d

B. Soal Uraian

1. Pada dasarnya, alat-alat reproduksi laki-laki terdiri atas testis, saluran pengeluaran, kelenjar aksesoris, dan penis.
3. Proses pembentukan sperma (spermatogenesis), terjadi ketika sel induk sperma (spermatogonium) membelah secara mitosis berulang-ulang membentuk spermatogonium yang banyak (spermatogonia). Spermatogonia ini berkembang menjadi spermatosit primer (2n) yang kemudian membelah secara meiosis 1 menghasilkan 2 sel spermatosit sekunder (n). Setiap spermatosit sekunder melanjutkan pembelahan meiosis 2 membentuk 4 spermatid (n). Selanjutnya, spermatid mengalami pematangan di duktus epididimis menjadi 4 spermatozoa fungsional.

Pembentukan ovum (oogenesis) berasal dari sel induk sel telur (oogonium) yang tumbuh menjadi oosit primer, yang kemudian membelah secara meiosis menghasilkan satu oosit sekunder dan satu polosit I (badan polar). Oosit sekunder akan membelah menghasilkan ootid dan badan polar, demikian halnya polosit melanjutkan pembelahan meiosis membentuk 2 polosit. Pada proses oogenesis ini dihasilkan 1 ovum fungsional dan 3 polosit.

5. 1 Mahkota perhiasan bunga
2 Ovarium organ reproduksi
3 Kepala putik organ reproduksi

Bab 10 Pertahanan Tubuh

Tes Kompetensi Subbab A

1. Kulit yang utuh terdiri atas epidermis yang tersusun oleh sel-sel epitel yang sangat rapat. Hal ini menyulitkan mikroorganisme untuk masuk ke dalam tubuh.
2. Mengenali antigen dan meresponsnya dengan cara mensekresikan molekul antibodi.
3. Sel T sitotoksik, sel T pembantu, dan sel T supresor.
4. Antibodi memiliki dua rantai, yaitu rantai berat dan rantai ringan. Di ujung-ujungnya terdapat tempat atau sisi untuk berikatan dengan antigen.

Tes Kompetensi Subbab B

1. Karena adanya respons kekebalan sekunder dimana respons menjadi lebih cepat, besar, dan lama terhadap antigen.
2. Sel T

Tes Kompetensi Subbab C

1. Alergen (penyebab alergi) masuk ke dalam tubuh. Tubuh akan membentuk antibodi IgE yang akan berikatan dengan mastosit. Mastosit ini akan melepaskan histamin penyebab bersin, hidung basah, dan mata berair.
2. Human immunodeficiency virus (HIV) yang menghancurkan kemampuan tubuh terhadap infeksi dan sel kanker.

Evaluasi Kompetensi Bab 10

A. Pilihan Ganda

1. e 7. a 13. c 19. b
3. b 9. a 15. c
5. d 11. a 17. c

B. Soal Uraian

1. Sistem kekebalan alami adalah kekebalan dimiliki oleh tubuh tanpa perlakuan dari luar tubuh, sedangkan sistem kekebalan buatan adalah kekebalan yang terjadi karena pemberian vaksin.
3. Sumsum tulang berfungsi sebagai penghasil limfosit muda.
Timus berfungsi memproses limfosit muda menjadi limfosit T.
Limfa berfungsi sebagai penghancur sel-sel darah yang sudah tua.
5. Acquired immune deficiency Syndrome (AIDS) adalah suatu penyakit kelamin sistem kekebalan tubuh akibat virus HIV yang menyerang limfosit T.

Evaluasi Kompetensi Biologi Semester 2

A. Pilihan ganda

1. a 11. e 21. b
3. b 13. c 23. e
5. d 15. c 25. c
7. b 17. a 27. c
9. b 19. a 29. b

B. Soal Uraian

1. Pencernaan mekanik merupakan proses pencernaan makanan menjadi yang lebih kecil tanpa melibatkan enzim. Adapun pencernaan kimiawi melibatkan enzim.
3. Respirasi eksternal: pertukaran udara antara darah dan atmosfer.
Respirasi internal: pertukaran udara antara darah dan sel-sel tubuh.
5. Pelindung tubuh, pengatur suhu tubuh, indra peraba, pengeluaran sisa metabolisme berupa keringat.
7. Sumsum tulang belakang berfungsi menghantarkan impuls menuju otak dan berperan dalam proses gerak refleks.
9. Menstruasi adalah proses keluarnya ovum yang tidak dibuahi yang disertai dengan pendarahan. Menstruasi dipengaruhi oleh hormon FSH, LH, estrogen, progesteron, dan gonadotropin.

Evaluasi Kompetensi Biologi Akhir Tahun

A. Pilihan Ganda

1. e 11. e 21. c 31. d
3. e 13. d 23. e 33. d
5. b 15. a 25. a 35. b
7. a 17. c 27. e 37. e
9. c 19. b 29. d 39. c

B. Soal Uraian

1. Mitokondria berperan dalam respirasi sel.
Ribosom berfungsi sebagai tempat berlangsungnya sintesis protein.
Retikulum endoplasma berfungsi menyediakan enzim-enzim, transportasi berbagai zat, dan berperan dalam pembentukan fosfolipid, kolesterol, dan karbohidrat.
3. Impuls akan menyebabkan adanya sisi aktif pada filamen tipis (aktin). Kemudian, kepala filamen tebal (miosin) akan segera bergabung dengan filamen tipis tepat pada sisi aktif. Gabungan keduanya membentuk jembatan penyebrangan yang menyebabkan filamen tipis mengerut. Secara keseluruhan sarkomer ikut mengerut yang mengakibatkan otot pun mengerut.
5. Kelenjar parotis: di dekat telinga.
Kelenjar sublingualis: di bawah lidah.
Kelenjar submandibularis: di bawah rahang bawah.
7. Filtrasi darah di glomerulus → urine primer → memasuki tubulus kontortus proksimal → terjadi reabsorpsi urine primer → urine sekunder → terjadi augmentasi → melewati tubulus kontortus distal → urine sesungguhnya.
9. Human chorionic Gonadotropin (HCG) berfungsi merangsang corpus luteum untuk menghasilkan hormon estrogen dan progesteron. Kedua hormon tersebut akan menyebabkan dinding uterus tetap tebal yang berguna sebagai tempat implantasi dan pemeliharaan janin.



Sistem Metrik

Ukuran	Satuan dan Singkatan	Persamaan Metrik	Konversi dari Metrik ke Satuan Inggris	Konversi dari Inggris ke Satuan Metrik
Panjang	1 kilometer (km)	1.000 (10 ³) meter	1 km 0,62 mile	1 mile 1,61 km
	1 meter (m)	100 (10 ²) sentimeter	1 m 1,09 yard	1 yard 0,914 m
		1.000 milimeter	1 m 3,28 feet	1 foot 0,305 m
			1 m 39,37 inches	
	1 sentimeter (cm)	0,01 (10 ⁻²) meter	1 cm 0,394 inch	1 foot 30,5 cm
				1 inch 2,54 cm
	1 milimeter (mm)	0,001 (10 ⁻³) meter	1 mm 0,039 inch	
	1 mikrometer (μm)	10 ⁻⁶ meter, (10 ⁻³ mm)		
	(dahulunya mikron, μ)			
	1 nanometer (nm)	10 ⁻⁹ meter (10 ⁻³)		
	(dahulunya milimikron, mμ)			
	1 angstrom (Å)	10 ⁻¹⁰ meter (10 ⁻⁴)		
Lebar	1 hektar (ha)	10.000 meter persegi	1 ha 2,47 acres	1 acre 0,0405 ha
	1 meter persegi (m ²)	10.000 sentimeter persegi	1 m ² 1,196 s uare yards	1 s uare yard 0,8361 m ²
		100 milimeter persegi	1 m ² 10,764 s uare foot	1 s uare foot 0,0929 m ²
	1 sentimeter persegi (cm ²)		1 cm ² 0,155 s uare inch	1 s uare inch 6,4516 cm ²
Massa	1 ton (t)	1.000 kilogram		
	1 kilogram (kg)	1.000 gram	1 kg 2,205 pounds	1 pound 0,4536 kg
	1 gram (g)	1.000 miligram	1 g 0,0353 ounce	1 ounce 28,35 g
	1 miligram (mg)	10 ⁻³ gram		
	1 mikrogram (μg)	10 ⁻⁶ gram		
Volume (padat)	1 meter kubik (m ³)	1.000.000 sentimeter kubik	1 m ³ 1,308 cubic yards	1 cubic yards 0,7646 m ³
			1m ³ 35,315 cubic feet	1 cubic feet 0,0283 m ³
	1 sentimeter kubik (cm ³ atau cc)	10 ⁻⁶ meter kubik	1 cm ³ 0,061 cubic inch	1 cubic inch 16.387 cm ³
	1 milimeter kubik (mm ³)	10 ⁻⁹ meter kubik (10 ⁻³ sentimeter kubik)		
Volume (cair dan gas)	1 kiloliter (kl atau kL)	1.000 liter	1 kL 264,17 gallons	1 gallon 3,785 L
	1 liter (L)	1.000 mililiter	1 L 0,264 gallons	
	1 mililiter (mL)	10 ⁻³ liter		
		1 sentimeter kubik		
	1 mikroliter (μl atau μL)	10 ⁻⁶ liter (10 ⁻³ mililiter)		
aktu	1 detik (s)	$\frac{1}{60}$ menit		
	1 milidetik (ms)	10 ⁻³ detik		
Suhu	derajat celsius (°C)		$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \text{ }^{\circ}\text{C} + 32$	$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$

Sumber: *Biology*, 1998

Senarai

A

Agranulosit leukosit yang tidak bergranula

Aglutinasi penggumpalan atau pemecahan sel darah merah

Aglutinogen sejenis protein yang terdapat dalam sel darah merah dan memicu penggumpalan darah.

Alergen penyebab alergi

Alveolus kantung kecil berisi udara di dalam paru-paru vertebrata

Arteri pembuluh nadi

Asam amino esensial asam amino yang tidak dapat disintesis oleh organisme

Asam amino nonesensial asam amino yang dapat disintesis oleh tubuh

ATP adenosin triphospat, molekul yang mengandung energi tinggi

B

Badan golgi sistem dari kantong pipih yang secara kasar saling bersambungan secara paralel (sisterna)

Bronkiolus tabung kecil penyalur udara pada paru-paru vertebrata berkaki empat yang muncul sebagai cabang suatu bronkus dan berakhir dalam alveolus

Bronkus tabung udara besar pada paru-paru vertebrata berkaki empat

C

Cerebellum otak kecil

Cerebrum otak besar

D

endrit juluran sitoplasma yang relatif pendek pada sel saraf, berfungsi menerima impuls

ermis lapisan dalam kulit

ifusi kecenderungan partikel-partikel gas, cairan, dan larutan untuk menyebar secara acak dan mengisi ruangan yang tersedia

inding sel salut ekstra selular yang dapat ditembus pada sel bakteri dan tumbuhan

isakarida gabungan dua unit sakarida

E

Eksositosis proses pelepasan vesikel dari retikulum endoplasma atau badan Golgi, dengan membran plasma dari selnya, diikuti oleh pelepasan isi vesikel ke luar

Eksplan bahan dasar untuk pembentukan kalus, seperti daun muda, ujung akar, ujung batang, dan keping biji

Endositosis istilah kolektif untuk fagositosis dan pinositosis

En im katalis protein yang dihasilkan oleh sel dan bertanggung jawab untuk laju dan kekhususan yang tinggi dari satu atau lebih reaksi biokimia intraseluler atau ekstraseluler

Epidermis kulit ari (selaput luar kulit)

Epitelium lembaran atau tabung dari sel-sel koheren secara kuat

Eritrosit sel darah merah

Eukariota organisme yang materi intinya terpisahkan selaput inti

F

Faring saluran pencernaan antara mulut dan esofagus

Fertilisasi internal pembuahan antara sel telur dan sel sperma yang terjadi di dalam tubuh organisme

Fertilisasi eksternal pembuahan antara sel telur dan sel sperma yang terjadi di luar tubuh organisme

Floem jaringan penyalur makanan utama pada tumbuhan berpembuluh

Fagositosis proses pembungkusan sebuah partikel dari lingkungan luar oleh membran plasma sebuah sel

Fotoreseptor bagian sel peka cahaya yang menerima rangsangan dalam fototaksis

G

Granulosit leukosit bergranula

H

Hipertensi tekanan darah tinggi

Homeostasis menjaga keadaan fisiologis tubuh dan tidak bergantung pada keadaan luar tubuh

Hormon suatu molekul kecil yang disekresikan langsung ke dalam tubuh oleh kelenjar endokrin dan dibawa ke sel atau organ sasaran

I

Imunisasi perlakuan yang menyebabkan seseorang menjadi kebal (imun) terhadap suatu penyakit
Interferon protein yang dihasilkan oleh sel hewan dan beberapa limfosit yang terinfeksi virus

K

Karbohidrat kelas senyawa organik dengan rumus empiris $C(H_2O)_y$
Kartilago tulang rawan
Kekebalan humoral kekebalan yang disebabkan faktor-faktor yang dapat larut
Kelenjar andrenal kelenjar anak ginjal
Kelenjar endokrin kelenjar yang hasil sekresinya dialirkan ke dalam peredaran darah
Kelenjar hipofisis kelenjar pada vertebrata berfungsi terletak dalam depresi tulang sfenoid tengkorak
Kelenjar paratiroid kelenjar endokrin vertebrata berkaki empat, terdapat dekat atau dalam kelenjar tiroid
Kelenjar pankreas kelenjar pada vertebrata berfungsi endokrin dan eksokrin
Kelenjar tiroid kelenjar endokrin vertebrata, terdapat di bagian leher
Kemoreseptor reseptor yang menanggapi aspek-aspek kimia dari lingkungan internal dan eksternal
Kemotaksis gerak sepanjang gradien kimia
Kloroplas plastida yang mengandung klorofil
Kolenkim jaringan yang memberikan tunjangan mekanis pada banyak struktur tumbuhan muda yang sedang tumbuh tetapi tidak lazim pada akar

L

Laring bagian yang membesar di bagian atas trakea vertebrata berkaki empat pada pertemuan dengan faring
Leukosit sel darah putih
Ligamen bentuk jaringan ikat vertebrata yang mempertautkan tulang dengan tulang
Lisosom berbagai organel vakuolar terbungkus membran, merupakan bagian integral dari sistem pencernaan intrasel eukariota
Lisozim enzim yang dapat mencerna dinding sel bakteri

M

Makrofag sel fagosit jaringan ikat vertebrata
Medula oblongata lapisan dalam dari ginjal yang mengandung tubula dan bermuara pada tonjolan papila di ruang ginjal
Meristem lapis tumbuh yang sel-selnya dapat bermitosis terus-menerus
Mikrobodi istilah untuk organel terpaut-membran-tunggal glioksisom
Mitokondria organel sitoplasma semua sel eukariotik yang melaksanakan respirasi aerob, dan dalam sel tersebut merupakan sumber utama ATP
Monosakarida unit tunggal sakarida

N

Nefron unit fungsional dari ginjal vertebrata
Neuron jenis sel utama jaringan saraf, khusus untuk transmisi informasi dalam bentuk pola impuls
Neurotransmitter saraf pemancar
Nukleolus badan bundar yang memenuhi sampai 25% dari volume nukleus
Nukleus organel dalam sel eukariota yang merupakan sekitar 10% dari volume sel dan mengandung kromosom sel

O

Organogenesis tahap pertumbuhan organ pada embrio
Osmosis difusi air melewati membran yang selektif permeabel dari satu larutan ke larutan lain yang memiliki potensial air lebih rendah
Ovulum bakal biji

P

Parenkim jaringan yang terdiri atas sel hidup berdinding tipis
Patogen parasit penyebab penyakit, biasanya mikroorganisme
Pernapasan kegiatan memasukkan dan mengeluarkan udara ke dalam dan dari paru-paru
Pinositosis penelanan cairan sekeliling oleh sel dengan invaginasi lokal membran plasma
Plastida organel kecil dengan bentuk beragam dalam sitoplasma sel tumbuhan, satu atau lebih dalam setiap sel

Polarisasi kekutuban pada sel saraf yang terbentuk karena perbedaan konsentrasi Na^+ dan K^+ di sebelah luar dan sebelah dalam membran sel

Polisakarida gabungan lebih dari dua unit monosakarida

Prokariota organisme yang materi intinya tanpa selaput atau selubung

Protein polimer molekul yang sangat besar terdiri atas satu atau lebih rantai polipeptida

R

Retikulum endoplasma organel sitoplasma eukariota yang terdiri atas sistem kompleks dari tumpukan bermembran (sisterna)

Rhodopsin pigmen peka cahaya pada sel batang

Ribosom organel sel prokariota dan eukariota yang nonmembran, tetapi seringkali terikat pada membran kloroplas dan mitokondria

Ruminansia pemamah biak

S

Sel plasma satu jenis sel matang, aktif dalam sekresi antibodi

Sentriol organel yang terdapat dalam sel-sel organisme eukariota yang memiliki silia atau flagela pada tingkatan tertentu dalam daur hidupnya

Sinapsis bagian kontak fungsional antara satu neuron dengan neuron lainnya

Sistem Havers satuan anatomi dari tulang kompak

Sitoplasma seluruh isi sel, termasuk membran plasma, kecuali nukleus

Sklereid sel asklerenkim yang berdinding sekunder, tebal, mengayu dan banyak berlubang

Sklerenkim jaringan yang memberi topangan mekanis pada tumbuhan

Stomata pori pada epidermis tumbuhan, terutama terdapat pada daun

T

Totipotensi suatu sel yang dapat membentuk semua fenotipe sel organisme yang mengandung sel tersebut

Trakea tabung udara vertebrata

Trakeid unsur ilem yang tidak hidup, merupakan ciri khas tumbuhan berpembuluh

Trikom terdapat pada alga biru-hijau, filamen yang terdiri atas rantai sel uniserat atau multiserat

Trombosit keping darah

V

aksin bahan yang pada hewan menimbulkan reaksi imun dan imunitas perolehan terhadap suatu mikroorganisme

vena pembuluh darah balik yang membawa darah keluar dari jantung

itamin zat organik yang biasanya tidak disintesis oleh organisme dan harus didapat dari lingkungannya dalam jumlah yang sangat kecil

X

ilem jaringan pembuluh yang menyalurkan air dan garam mineral yang diambil akar ke seluruh tumbuhan



Indeks (Subjek dan Pengarang)



A

Acquired Immune Deficiency Syndrome 186
adrenal 142, 143, 144, 146, 153
agranulosit 62, 63, 73
alat indra 130, 146, 152, 153
 hidung 102, 103, 109, 111, 112, 113, 146,
 148, 149, 152, 153, 155, 185
 kulit 119, 124, 126, 136, 141, 143, 146, 151,
 153, 177, 178, 189
 lidah 88, 89, 97, 137, 146, 150, 151, 153
 mata 130, 136, 137, 146, 147, 148, 149, 152,
 153, 155, 156, 177, 185, 189
 telinga 146, 149, 150, 152, 153, 155
alveolus 104, 108, 112, 113, 114
amfiartrosis 46, 48, 55, 57
antibodi 166, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185,
 186, 187, 188, 189
antigen 176, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185,
 186, 188, 189, 190
asam amino 83, 85, 93, 99, 100
 esensial 83, 100
 nonesensial 83, 84, 100
atrium 66, 67, 68, 69, 70, 72, 75
augmentasi 125
autoimunitas 188

B

badan Golgi 4, 5, 6, 14, 16
basofil 73, 188
bronkiolus 104, 105, 108, 109, 112
bronkus 102, 104, 109, 111, 112, 113, 114

C

Campbell 117, 162, 163
cacing tanah 122
cerebrum 135, 136, 142, 154, 155

darah 59

dewasa 18, 19, 21, 28, 37, 39, 40
diartrosis 46, 47, 48, 55, 57
diastol 71
difusi 1, 10, 11, 12, 14, 16
dinding sel 7, 8, 14, 177
Dujardin, Feli 2, 15

E

ekskresi 125
eksositosis 1, 10, 12, 14, 16
empedu 125
endositosis 1, 10, 12, 14, 16
 pinositosis 12
 fagositosis 12, 177, 178, 188
enzim selulase 96
eosinofil 73, 188
epitel 40
eritrosit 61, 62, 63, 65, 66, 72, 74, 188, 189

F

faring 102, 103, 111, 112, 113, 114
filtrasi 125
floem 22, 23, 25, 26, 27, 39
fotoreseptor 147, 148
fungsi tulang 42, 48, 58

G

generatif 172
gerak refleks 130, 136, 139, 153, 155, 156
gigi 85, 86, 87, 88, 89, 94, 95, 97, 99, 100
ginjal 116, 117, 119, 120, 121, 123, 124, 126, 127,
 128, 183
golongan 59, 60, 64, 65, 72
granulosit 62, 63, 73

H

hati 116, 120, 121, 124, 126, 189
Heberlant 28
hemofilia 186
hemoglobin 61, 62, 65, 66
hipertensi 71, 76
histamin 178, 185, 188
Hooke, Robert 2, 7, 15
Human Immunodeficiency Virus 186

I

ikat 29, 32, 33, 35, 37, 40
immunoglobulin 166
imunisasi aktif 185
imunisasi pasif 185
inflamasi 178

insersi 51, 58
interferon 178, 181

jantung 59, 66, 67, 69, 72, 73
jaringan hewan 17, 29, 30, 37
jaringan tumbuhan 17, 27, 28, 29, 37, 38
 meristem 18, 19, 24, 29, 37, 38, 39
 epidermis 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 39
 parenkim 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28,
 29, 38, 39, 40
 kolenkim 21, 26, 29, 38, 39, 40
 sklerenkim 20, 21, 22, 29, 38
 pengangkut 19, 22, 24, 26, 37, 38, 39

K

karbohidrat 82, 83, 84, 85, 89, 93, 94, 97, 99, 100
 disakarida 82, 83
 monosakarida 82
 polisakarida 82, 83
kelenjar 141, 142, 144, 145
 hipofisis 136, 142, 143, 153
 hipotalamus 135, 136, 142, 143, 146, 153
 kelamin 145
 ludah 88, 89, 94, 97, 100
kemoreseptor 148, 149, 150, 151
kemotaksis 177
kloroplas 1, 7, 9, 14, 16
komposisi 60, 61, 64, 66, 72, 76
kultur jaringan 17, 28, 29, 37, 39

L

lambung 51, 84, 87, 88, 91, 92, 94, 95, 97, 99, 100
Landsteiner, Karl 64, 65
laring 102, 103, 104, 111, 112, 113, 114
lemak 84, 85, 92, 93, 97, 98, 99, 100
 jenuh 84
 takjenuh 84
lengkung Henle 125
leukosit 61, 62, 63, 72, 177, 178, 188, 189
ligamen 48, 51, 52, 58
limfosit 179, 180, 182, 183, 186, 188, 189, 190
lisosom 4, 6, 10, 14, 15, 16, 177

M

Mader 24
makrofag 177, 179
mata 130, 136, 137, 146, 147, 148, 149, 152, 153,
 155, 156, 177, 185, 189
membran sel 1, 3, 4, 5, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16

fosfolipid 3, 5, 6, 14
hidrofilik 3, 14
hidrofobik 3, 14, 15
teori mosaik cair 3, 16
 selektif permeabel 3, 10, 11
mikrobodi 4, 6, 7, 14
mineral 86, 97, 98
mitokondria 4, 5, 14, 15, 16
monosit 72, 177, 179, 188
mulut 111

N

nefron 117, 118, 123, 124, 126, 128
neuron 35, 36, 37
neurotransmitter 132, 133, 140, 148, 150, 154, 155
neutrofil 177, 188
nukleolus 4, 5, 7, 14, 15
nukleoplasma 4, 5, 7, 14
nukleus 3, 4, 5, 7, 8, 9, 14, 15, 16
nutrisi 82, 92, 100

O

oogenesis 172
origo 51, 58
osmosis 1, 10, 11, 12, 14, 16
otak 130, 133, 134, 135, 136, 137, 140, 142, 145,
 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156
otot 29, 33, 36, 37, 40, 41, 42, 48, 49, 50, 51, 52,
 53, 54, 55, 58
 polos 49, 50, 51, 54, 55, 58, 67
 lurik 49, 54, 55, 58
 jantung 50

P

pankreas 138, 142, 144, 145, 153, 155
paratiroid 142, 143, 144, 145, 153
paru-paru 101, 104, 105, 106, 107
pembuahan ganda 172
pembuluh darah 59, 63, 66, 67, 70, 71, 72, 75, 76
 arteri 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75
 arteriol 67, 68, 72
 kapiler 67, 68, 70, 72, 76, 178, 189
 vena 67, 68, 69, 70, 72, 75, 76
 venula 67, 68, 70, 72
penggumpalan darah 61, 63, 64, 74, 75
peredaran darah 59, 60, 62, 66, 67, 69, 70, 71, 72,
 73, 74, 75, 76
 pulmonalis 67, 68, 69, 70, 71, 72, 76
 sistemik 70, 71, 72

pernapasan
 dada 112
 ekspirasi 102, 104, 105, 106, 111, 112, 113, 114
 eksternal 102, 113
 inspirasi 101, 102, 104, 105, 106, 111, 112, 114
 internal 102, 113
 perut 112
 selular 102, 113
 pineal 142, 144, 145, 153
 planaria 121
 plasma darah 189
 plastida 8, 9, 14
 pons varoli 135, 136, 137, 154
 protein 83, 84, 85, 86, 92, 93, 97, 99, 100
 protein antimikroba 178, 187

R

rangka 42, 43, 45, 46, 49, 55, 56, 57, 58
 aksial 43, 45, 55, 57
 apendikular 43, 45, 55, 57
 reabsorpsi 125
 reseptor 178
 respon kekebalan primer 188
 respon kekebalan sekunder 188
 retikulum endoplasma 4, 5, 14, 15, 16
 halus 5, 15, 16
 kasar 5, 15, 16
 rhodopsin 147, 148
 ribosom 4, 5, 14, 15, 16
 sistem pencernaan ruminasia 96

S

saluran Eustachius 149, 150
 saluran pencernaan 149, 150, 177
 saraf 29, 35, 36, 37, 39, 40
 sel eukariotik 9, 10, 14, 16
 sel prokariotik 9, 10, 14, 16
 sel saraf 130, 131, 132, 136, 148, 152, 154, 155
 sendi 46, 47, 48, 50, 51, 52, 54, 57
 engsel 47, 57
 pelana 47, 57
 peluru 47, 57
 putar 47, 57
 sinapsis 131, 132, 133, 154
 sinartrosis 46, 55, 57
 sistem endokrin 129, 140, 142, 145, 152, 153, 156
 sistem pertahanan tubuh 176, 178, 179
 nonspesifik 176, 178
 spesifik 176, 178, 179
 sistem reproduksi 172

sistem saraf 130, 131, 133, 134, 136, 137, 138, 139
 140, 142, 146, 152, 153, 156, 166
 otonom 138 139, 140, 153
 pusat 131, 133, 134, 136, 139, 140, 152, 153
 somatis 138, 139, 153
 tepi 133, 134, 136, 137, 152, 153

sistol 71
 sitoplasma 4, 10, 12, 14, 180
 sklereid 20, 21
 stomata 19, 20, 27, 39
 sumsum 179, 188, 189

T

talamus 135, 136
 tekanan darah 71, 75, 76
 timus 142, 145, 153
 tiroid 142, 143, 144, 145, 153
 totipotensi 17, 28, 29, 37, 39, 40
 trakea 102, 104, 110, 111, 112, 113, 114
 transpor aktif 1, 10, 11, 12, 14, 16
 trikom 19
 trombosit 61, 63, 72, 74, 188, 189
 tubulus kolektivus 117, 118, 124, 125, 127
 tubulus kontortus distal 125
 tubulus kontortus proksimal 117, 118, 124, 125,
 127
 tulang 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52,
 53, 54, 55, 57, 58
 dada 56
 rusuk 56
 tengkorak 56

U

unsur pembuluh 22, 23
 urine 115, 116 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124,
 125, 126, 127, 128
 primer 125
 sekunder 125
 usus besar 87, 94, 95, 97, 98, 100
 usus halus 51, 87, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 100

vegetatif 172
 ventrikel 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75
 Virchow, Rudolf 2, 15
 vitamin 81, 84, 85, 86, 97, 99

ilem 19, 22, 23, 25, 26, 27, 39

Daftar Pustaka



- Binney, R. 1995. The Plants world. New York: world Book.
- Brum, G.D., Larry McKane, and Gerry Karp L.K. 1989. Biology Exploring Life. New York: John Wiley Sons.
- Burnei, David. 1994. Concise encyclopedia nature. London: Dorling Kindersley.
- Burnie, D. 1997.endela ptekehidupan. Jakarta: Balai Pustaka.
- Campbell, N.A, et al. 2006. Biology concepts connections. California: The Benjamin/Cummings: Publishing.
- Campbell, N.A. 1998. Biology. California: The Benjamin/Cummings Publishing.
- Corbeil, Jean Claude dan Ariane Archambault. 2004. amus isual PT. Buana Ilmu Populer.
- Eroschenko, Victor P. 2003. Atlas Histologi. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Gutman, B. S. 1999. Biology. New York: McGraw Hill.
- Hendaryono, Daisy P. Sriyanti dan Ari ijaya. 1994. Teknik kultur aringan. Yogyakarta: Kanisius
- Hopson, J. L. and Norman K. essells. 1990. ssentials of Biology. New York: McGraw-Hill.
- Keeton, illian T. 1986. Biological Science. New York: . . Norton Company, Inc
- Kusnadi, Kemal Adyana. 1995. asar asar Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP Bandung.
- Levine, Joseph. S. and Kenneth R. Miller. 1991. Biology isco ering Life. Massachusetts: D.C. Heath.
- Mader, Sylvia S. 1995. iologi olusi epelbagaian dan Persekitaran. Selangor: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- McLaren, James E. and Lissa Rotundo. 1985. Heath iology. Massachusetts: D.C. Heath and Company.
- Moore, Randy, et al. 1995. otany. Indianapolis: Brown Publisher.
- Parker, Steve. 2004. Science Library Human ody. Bardfield: Miles Kelly Publishing Limited.
- Peacock, Graham and Terry Hudson. 1993. The Super Science ook of ur ody. New York: ayland Publisher Ltd
- Riley, Pat. 2004. Science Library Plants. Bardfield: Miles Kelly Publishing Limited.
- Simpkins, J. dan J.I. illiams. 2002. iologi Sel Mamalia dan Tumbuhan erbunga. Selangor: Polygraphic Press.
- Starr, Cecie and Ralph Taggart. 1990. iology The nity and i ersity of Life. Edisi ke-7. California: adsworth.
- Tim world Book. 1994. oung Scientist The Human Machine. Chicago: world Books, Inc.
- alker, Richard. 1996. Human Anatomy. London: Dorling Kindersley Limited.
- alker, Richard. 2002. Human ody. London: Dorling Kindersley Limited.
- illiams, Gareth. 2002. iology for ou. Cheltenham: Nelson Thornes.
- Yatim, ildan. 1999. amus iologi. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

Sumber lain:

- www.allbiographies.com diakses September 2006
- www.fururu.net diakses September 2006
- www.fwf.ac.at diakses September 2006
- www.gcarlson.com diakses Oktober 2006
- www.humboldt.edu diakses September 2006
- www.kompas.com diakses September 2002, Oktober 2002, Oktober 2005, Februari 2006
- www.lege-akten.no diakses Oktober 2006
- www.nanopicoftoday.org diakses September 2006
- www.republika.co.id diakses April 2006
- www.scf-online.com diakses September 2006
- www.skidmore.edu diakses November 2006
- www.uni-tuebingen.de diakses September 2006
- www.ision.net.id diakses Juli 2004
- www.whonamedit.com diakses November 2006
- http-connection.lwa.com diakses November 2006

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

ISBN : 978-979-068-827-8 (No. jil lengkap)
ISBN : 979-979-068-829-2

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi: Rp13.883,-